VISIT…

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ ЗВУКОВАЯ РАЗВЕДКА

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УПРАВЛЕНИЕ КОМАНДУЮЩЕГО РАКЕТНЫМИ ВОЙСКАМИ
И АРТИЛЛЕРИЕЙ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ ЗВУКОВАЯ РАЗВЕДКА

Утвержден командующим ракетными войсками и артиллерией Сухопутных войск в качестве учебника для курсантов артиллерийских училищ

МОСКВА
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1993

Учебник предназначен для офицеров разведывательных частей и подразделений артиллерии, курсантов артиллерийских училищ и студентов военных кафедр вузов. В учебнике рассмотрены основы распространения ударных волн, возникающих при стрельбе артиллерии, вопросы обоснования устройства и конструктивные особенности автоматизированных звукометрических комплексов, а также боевого применения подразделений звуковой разведки в современном бою.

Гл. 1—5, подразд. 12.5, гл. 13 написаны полковником Р. И. Шуляченко; гл. 6—8 — лауреатом Государственной премии СССР кандидатом технических наук Ю. И. Кубышкиным; гл. 9—12 (кроме подразд. 12.5), гл. 14— полковником В. И. Кривоносенко (руководитель авторского коллектива) под редакцией полковника Л. А. Холохоленко.

ВВЕДЕНИЕ

Применение боевой техники на поле боя сопровождается рядом явлений, демаскирующих ее даже в тех случаях, когда она непосредственно не наблюдается. К таким явлениям относятся, например, излучения: электромагнитные, тепловые, звуковые и др. Звуковые колебания, порождающиеся в бою, можно подразделить на два рода: длительные, продолжающиеся от нескольких секунд до десятков минут и более, и короткие, длящиеся доли секунды. Первые возникают в результате непрерывного процесса незатухающих колебаний — шумы двигателей внутреннего сгорания боевых машин, танков, вертолетов и т. п., реактивных двигателей самолетов, ракет, реактивных снарядов. Короткие колебания являются следствием действия в течение малого времени импульса, создающего акустическое поле затухающих колебаний (выстрел орудия, миномета, разрыв снаряда, мины). Предмет «Артиллерийская звуковая разведка» изучает вопросы использования акустической (звуковой) энергии для определения местоположения и некоторых характеристик источников коротких звуков и применяемую с этой целью аппаратуру (звукометрические комплексы и станции). Кроме того, рассматриваются вопросы боевой работы подразделений, ведущих разведку артиллерии противника и обслуживающих стрельбу своей артиллерии.

Раздел первый

ОСНОВЫ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКЕ АРТИЛЛЕРИИ

1.1. История возникновения и развития звуковой разведки

Нашей Родине принадлежит неоспоримый приоритет в разработке метода засечки стреляющих батарей противника по звуку их выстрела и в создании первых звукометрических приборов. Вопрос о зарождении и развитии звуковой разведки тесно связан с развитием самой артиллерии и тактикой ее применения. До тех пор, пока дальности стрельбы полевой артиллерии были сравнительно невелики, пока стрельба велась с открытых огневых позиций, разведка батарей противника не требовала каких-либо специальных методов ее ведения.

Опыт русско-японской войны 1904—1905 гг. показал, что батареи, располагавшиеся открыто, были недолговечны и часто уничтожались раньше, чем успевали открыть огонь. Русскими артиллеристами первыми была предложена и осуществлена стрельба с закрытых огневых позиций. Батареи стали ненаблюдаемы на поле боя.

В 1909 г. поручиком Преображенского полка русской армии Николаем Бенуа (1881—1938) был предложен метод определения местоположения стреляющих вражеских батарей по звуку их выстрела. Он писал: «Ввиду того что современная война знает только скрытые позиции, колоссальное значение приобретает разведка таковых. До появления акустической разведки применялись исключительно зрительные способы наблюдения с земли и с воздушных аппаратов. Большой интерес представляют способы, при которых батареи определяются аппаратами по источникам звука, по кривизне звуковых волн...» *.

Так было положено начало звуковой разведке в полевой артиллерии. Испытания аппаратуры, представленной Н. А. Бенуа (рис. 1.1), начались в 1910 г. В ходе их проявились «простота устройства, легкость изучения в работе и большая возможность

* ЦГВИА, фонд 504, опись 10, дело 298, лист 13.

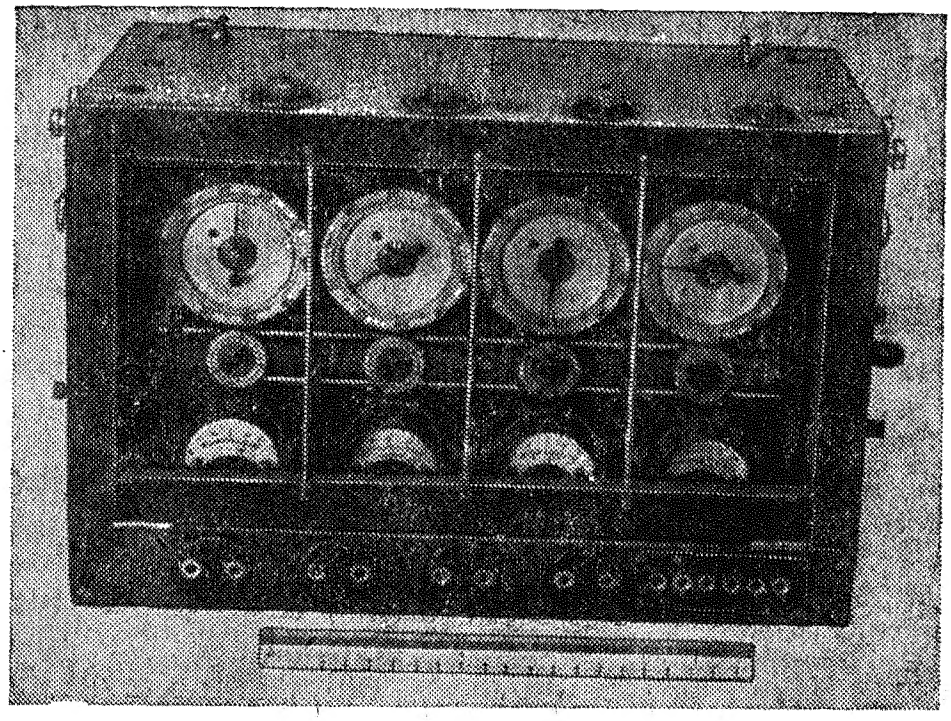


Рис. 1.1. Регистрирующий прибор системы Н. А. Бенуа

применения приборов в крепостной войне»*. Отдельные опыты были неудачными, и причину этого следовало искать в том, что влияние метеорологических условий на весь процесс засечки по звуку изучено не было, а также в несовершенстве приборов, сконструированных без учета физической природы явлений выстрела. В начале 1914 г. изобретение было признано ненужным. Однако вскоре после начала первой мировой войны изобретателю удалось добиться разрешения выехать в район боевых действий с небольшим отрядом, снабженным приборами его системы. Отряд состоял из пяти человек, а имущество перевозилось на одной двуколке.

Отряд начал действовать на люблинском направлении у деревень Быхово и Голензово. Здесь впервые в боевой обстановке была засечена стреляющая ненаблюдаемая батарея противника. Свою деятельность звукометрический отряд продолжил в составе 1-й гвардейской артиллерийской бригады. Командир мортирного дивизиона бригады после овладения деревней Пенково доносил, что «13 октября 1914 г. под крепостью Иван-город первая батарея, направив огонь по указанию прибора штабс-капитана Н. А. Бенуа, обстреляла площадь... После боя нашли на этом месте орудийные окопы, а около них и на самой батарее воронки от наших снарядов, что дает основание предполагать о пригодности прибора как вспомогательного средства при артиллерийской стрельбе, особенно при введении корректуры по разрывам наших снарядов»**. Полковник Н. В. Войно-Панченко — командир тя-

* ЦГВИА, фонд 504, опись 10, дело 298, лист 90.
** Там же. Лист 92.

желого артиллерийского дивизиона 3-й тяжелой артиллерийской бригады особого назначения докладывал: «Прибор дает возможность получить полную картину расположения артиллерии противника, если она не молчит, работе прибора не мешают ни ночь, ни туман, ни пересеченная местность... ; прибор является... главным образом корректором своих выстрелов» *.

Звуковая разведка получила признание. Отряд был отозван с фронта. Бенуа было поручено обучение и формирование «звукометрических команд» для действующей армии.

В 1917 г. на Юго-Западном фронте появились звукометрические станции «ВЖ», созданные инженерами Володкевичем и Желтовым. Они не нашли широкого применения из-за низкой точности (момент подхода звуковой волны фиксировался не приборами, а наблюдателями — «слухачами»).

В 1921 г. в Научно-техническом отделе Всероссийского Совета народного хозяйства была учреждена Комиссия особых опытов по звуковой разведке, именовавшаяся КОМЗВУК. Ее работа была направлена на проверку звукометрической аппаратуры, предложенной А. И. Ширским, более совершенной, чем разработанная предшественниками.

Созданный в 1922 г. в Люберцах Московский учебный артиллерийский звукометрический отряд (МУАЗО) явился первым подразделением звуковой разведки в артиллерии РККА. Осенью 1925 г. отряд был передан АКУКС (Артиллерийские курсы усовершенствования командного состава), а в 1926 г. влился во вновь сформированный 40-й отдельный разведывательный артиллерийский дивизион, дислоцировавшийся в Детском селе (ныне г. Пушкин). Это была первая в Красной Армии разведывательная часть, сыгравшая большую роль в дальнейшем становлении артиллерийской инструментальной разведки.

В 1926 г. преподаватель АКУКС, впоследствии полковник Н. А. Синьков, в результате проведенных исследований сделал вывод о необходимости перехода от хроноскопических регистрирующих приборов (регистрирующих только момент времени прихода звуковой волны) к хронографам (регистрирующим время и форму принимаемых сигналов в их развитии). В 1929 г. был объявлен конкурс на создание полевой звукометрической станции. Всего было представлено 10 образцов аппаратуры. Из них 6 с фотозаписью и 4 с чернильной записью. В результате сравнительных испытаний одна из них, представленная под девизом «ДЕ-30», была признана лучшей и рекомендована к принятию на вооружение. Ее авторы: А. И. Данилевский — инженер Московского электротехнического института связи и А. В. Евтюхов — военный инженер Артиллерийской академии им. Ф. Э. Дзержинского. В 1931—1935 гг. все сформированные взводы звуковой разведки были вооружены станциями ДЕ-30 и ее модификациями ДЕ-30/32.

В 1936 г. конструкторским бюро Ленинградского завода им.

---

* ЦГВИА, фонд 504, опись 10, дело 30, лист 93.

А. А. Кулакова конструкторами Ф. А. Селезневым и Д. И. Жук была создана станция СЧЗ-36, а в 1939 г. — модернизированный образец СЧЗМ-36. Одновременно с совершенствованием звукометрических станций и приборов велась интенсивная разработка вопросов тактического применения средств звуковой разведки в боевых условиях, в которой большое участие приняли преподаватели Артиллерийской академии и АКУКС Апорин, Таланов, Броварник, Позоев и др. В 1933 г. было издано наставление «Звуковая разведка в артиллерии», а в 1938 г. новое наставление «Служба звуковой разведки», которым во время Великой Отечественной войны руководствовались подразделения звуковой разведки. О ее роли в годы войны говорит такой факт: до 70% всех разведанных батарей противника определила звуковая разведка. На Ленинградском фронте звукометристы добились еще большего процента вскрытия артиллерийских позиций, с которых обстреливался город Ленина. Недаром в приказе по 38-му немецкому армейскому корпусу было сказано, что особое внимание необходимо обращать на звукомаскировку батарей, поскольку русские очень точно и быстро засекают батареи средствами звуковой разведки.

В первые послевоенные годы были развернуты работы по созданию новой звукометрической станции. В 1953 г. принимается на вооружение станция СЧЗ-6. Впоследствии она была модернизирована и получила наименование СЧЗ-6М. В 1956 г. подразделения получают звукометрическую радиосвязь, без которой при темпах наступления, присущих последнему периоду Великой Отечественной войны, происходила задержка готовности батарей и взводов к ведению разведки. Шестидесятые годы характеризуются явным застоем в развитии артиллерии в целом. Ее роль принизили в связи с успехами в ракетостроении.

В 1971 г. был решен вопрос о большей подвижности и автономности подразделений звуковой разведки: получены автомобили повышенной проходимости, аппаратура наземной навигации и метеорологического обеспечения. В войсках появились уже не звукометрические станции, а подвижные комплексы. Одновременно решился вопрос автоматизации приема и обработки принятой звуковой волны выстрела противника или разрыва снаряда нашей артиллерии. Электронно-вычислительная техника прочно вошла в жизнь подразделений звуковой разведки.

1.2. Задачи звуковой разведки артиллерии

Подразделения звуковой разведки решают в бою две задачи.

Первая из них:

разведка ненаблюдаемых огневых позиций орудий и минометов независимо от вида применяемых боеприпасов (в ядерном, специальном, обычном снаряжении, активно-реактивных, улучшенной аэродинамической формы и т. п.), так как демаскирую-

щим признаком, используемым при разведке, является звук выстрела;

разведка позиций реактивных установок залпового огня (РСЗО) по звуку начального выхлопа газов из сопла реактивного снаряда.

Вторая задача — обслуживание стрельбы своей артиллерии путем засечки по звуку разрывов точек падения снарядов (мин).

Разведка заключается в определении прямоугольных координат огневых позиций и числа стреляющих орудий, минометов и установок РСЗО на этих позициях, определении их калибра и системы. Разведка предполагает также наблюдение за огневой деятельностью уже разведанных целей, выявление ложных и кочующих орудий противника.

Обслуживание стрельбы своей артиллерии заключается в засечке фиктивных звуковых реперов и в определении отклонений разрывов снарядов (мин) от цели при пристрелке (контроль стрельбы на поражение по техническим и тактическим соображениям проводится не всегда).

Для выполнения перечисленных задач подразделение звуковой разведки устанавливает штатную аппаратуру на местности в определенном порядке, а личный состав занимает свои рабочие места. Построение боевого порядка зависит от выполняемых задач, условий местности, укомплектованности подразделения личным составом и вооружением. Однако в боевом порядке подразделения звуковой разведки, имеющего автоматизированный звукометрический комплекс, всегда будут в наличии три (два) базных пункта (БП), центральный пункт (ЦП), пост наблюдения и связи (ПНС).

Базным пунктом называется позиция с развернутой на ней короткой (300—600 м) акустической базой, необслуживаемым (автоматическим) предупредителем, аппаратурой автоматизированной обработки принимаемых сигналов, с обслуживающим расчетом и автомобилем. Аппаратура автоматизированной обработки и связи может располагаться в кузове автомобиля или вне его. При выносе аппаратуры автомобиль покидает позицию базного пункта. В этом случае примерно в центре акустической базы развертывается базный наблюдательный пост.

Центральным пунктом называется место расположения специального автомобиля (автомобилей) с размещенными в нем вычислительной техникой, средствами связи и управления, а также с обслуживающим их личным составом и командиром подразделения.

Постом наблюдения и связи называется место расположения приборов и личного состава отделения наблюдения и связи подразделения звуковой разведки. Это наблюдательный пункт подразделения, ведущий разведку. Через пост наблюдения и связи командир подразделения звуковой разведки получает информацию о боевых действиях в полосе разведки и на соседних участках, дополнительные сведения, характеризующие засеченные це-

ли. В аварийном режиме с ПНС производят пуск аппаратуры комплекса. Более подробно о боевом порядке подразделения звуковой разведки рассказано в гл. 11.

1.3. Требования, предъявляемые к звуковой разведке

Артиллерийская разведка, в том числе и звуковая, ведется в интересах огневого поражения разведанных целей. Исходя из этого, к звуковой разведке, как и к другим видам разведки, предъявляется ряд требований.

Звуковая разведка должна вестись непрерывно. Данные, ею добытые, должны быть своевременны, достоверны, полны и точны. По координатам целей с характеристикой «точно» должна обеспечиваться стрельба на поражение без предварительной пристрелки. Дальность ведения разведки должна обеспечивать наблюдение за районами возможного расположения огневых позиций противника (по его взглядам) и в полосе максимально возможной ширины.

Звуковая разведка должна вестись скрытно от противника, что достигается размещением аппаратуры вне прямой видимости противником и отсутствием демаскирующих излучений. Она должна быть максимально самостоятельна, обеспечивая себя необходимыми данными для своей боевой работы. Ее живучесть должна обеспечиваться малой уязвимостью личного состава и аппаратуры от воздействия противника, наличием оборудованных рабочих мест со средствами жизнеобеспечения.

Аппаратура звуковой разведки должна быть негромоздкой, в максимально возможной степени автоматизированной и в то же время надежной в эксплуатации. Большинство комплектующих приборов и устройств общего назначения должны быть универсальными и взаимозаменяемыми.

Подразделение звуковой разведки должно быть подвижным и маневренным, что достигается применением автомобилей высокой проходимости, стремлением к уменьшению времени, необходимого на развертывание и свертывание подразделения, возможностью использования аппаратуры как в выносном варианте, так и внутри кузовов автомобилей.

Устойчивость и надежность управления подразделением звуковой разведки как при расположении его на месте, так и в движении достигаются наличием средств связи, а также устройства световой сигнализации на марше.

1.4. Свойства звуковой разведки

Как одно из технических средств, обеспечивающих борьбу с артиллерией противника, звуковая разведка обладает рядом положительных свойств, главными из которых являются:

точность определения местоположения целей (разрывов), удовлетворяющая требованиям артиллерии;

независимость от условий видимости, что позволяет вести разведку и обслуживать стрельбу ночью, при задымлении, в туман и на дальность, превышающую прямую видимость, с наблюдательных пунктов;

малая зависимость от рельефа местности и местных предметов, благодаря чему задачи звуковой разведки успешно решаются не только в равнинной, но и на пересеченной и в лесистой местности, а также в горах и населенных пунктах;

возможность непрерывного ведения разведки в течение длительного времени, что обеспечивает наращивание разведывательных сведений и постоянное наблюдение за огневой деятельностью ранее разведанных артиллерийских подразделений противника;

отсутствие демаскирующих признаков в боевой работе подразделений звуковой разведки, что затрудняет их выявление.

Кроме того, следует отметить, что современная аппаратура звуковой разведки рассчитана главным образом на прием звуков артиллерийских выстрелов, разрывов снарядов (мин) и значительно меньше чувствительна к акустическим помехам, создаваемым выстрелами из стрелкового оружия, работающими двигателями танков, бронетранспортеров, автомобилей и т. п., если источники этих шумов находятся не ближе 300—500 м от звукоприемников.

Наряду с положительными имеются свойства, ограничивающие возможности звуковой разведки:

зависимость приема звуковых волн от условий, влияющих на их распространение и поэтому делящихся на благоприятные и неблагоприятные;

неспособность различать звуки орудийных (минометных) выстрелов и разрывов снарядов (мин) от других подобных звуков (подрывов взрывчатого вещества, разрывов авиационных бомб и т. п.);

малая защищенность от помех, вызываемых пролетающими самолетами и вертолетами, а также от ветровых помех;

зависимость от интенсивности огневой деятельности как артиллерии противника, так и своей, что при количестве звуков более трех в секунду может затруднить ведение звуковой разведки, хотя полностью ее не исключает.

1.5. Силы и средства звуковой разведки

Звуковая разведка в артиллерии ведется специально сформированными, вооруженными и обученными подразделениями. В разведывательных артиллерийских частях это батареи звуковой разведки (батрзр), а в артиллерийских частях — взводы звуковой разведки (взр). Эти подразделения решают одни и те же задачи, но батарея звуковой разведки — в более широкой полосе разведки. Взводы, входящие в состав батареи звуковой разведки,

действуют всегда в составе батареи и самостоятельно звуковую разведку вести не могут.

Батарея звуковой разведки состоит из двух взводов: взвода звуковой разведки и вычислительного взвода. Первый имеет в своем составе три отделения звуковой разведки. Вычислительный взвод состоит из отделений: вычислительного, связи и разведывательного.

Взвод звуковой разведки, не входящий в состав батареи, имеет в своем составе два-три отделения звуковой разведки, вычислительное отделение, отделение разведки и связи.

На вооружении батареи (взвода) звуковой разведки находится современная аппаратура, обеспечивающая выполнение задач подразделением в любых видах боя, в любое время года, в любых географических и погодных условиях. Совокупность аппаратуры и другой техники, предназначенных для подразделения звуковой разведки и всесторонне обеспечивающих его боевую работу и жизнедеятельность, называется звукометрическим комплексом.

Подразделение звуковой разведки может действовать в бою в составе своей части или быть приданным артиллерийской группе (артиллерийскому подразделению). Например, самостоятельно или вместе с подразделением радиолокационной разведки батарея может войти в специально создаваемую группу контрбатарейной (контрминометной) борьбы.

1.6. Возможности звуковой разведки

Современные звукометрические комплексы подразделений звуковой разведки могут успешно решать поставленные им задачи. Так, например, батарея звуковой разведки может вести ее в полосе шириной до 10—12 км.

При благоприятных условиях, на среднепересеченной местности возможна разведка стреляющих орудий, минометов и боевых машин реактивной артиллерии на дальности:

ротных минометов — 4—5 км;

батальонных минометов и установок реактивной артиллерии — 6—8 км;

пушек (калибра 100 мм) и гаубиц (калибра до 105—122 мм) — 12—15 км;

орудий калибра 152—155 мм и крупнее — 16—20 км.

В этих же условиях наземные разрывы 122- и 152-мм снарядов засекаются на дальности 8—12 км, а воздушные разрывы — 12—16 км.

При неблагоприятных условиях распространения звуковых волн дальность действия аппаратуры звуковой разведки снижается иногда в 1,5—2 раза.

С помощью звукометрических комплексов координаты целей (реперов, разрывов) определяются с характеристикой «точно» или «приближенно», что в основном зависит от точности топогео-

дезической привязки элементов боевого порядка подразделения разведки и полноты учета условий распространения звуковых волн выстрела (разрыва).

«Точные» координаты характеризуются срединными ошибками:

при засечке артиллерийских орудий — 0,8% дальности и 0-03 по направлению (от центра геометрической базы);

при засечке минометов — 1,0% дальности и 0-04 по направлению;

при засечке установок РСЗО — 1% дальности и 0-05 по направлению.

«Точные» координаты позволяют вести стрельбу на поражение без пристрелки немедленно после засечки цели или по прошествии некоторого времени, а также сопоставлять их при анализе с разведывательными данными о целях, полученными другими средствами.

«Приближенные» координаты предполагают их немедленное использование для поражения, но с обязательной пристрелкой, обслуживаемой тем же подразделением звуковой разведки, которое разведало поражаемую цель.

Укомплектованный по штатам и обученный личный состав подразделений звуковой разведки обеспечивает выполнение следующих временны́х нормативов:

развертывание в боевой порядок с топогеодезической привязкой по карте (аэрофотоснимку) с помощью навигационной аппаратуры (приборов) своими силами и средствами:

с использованием средств радиосвязи — до 1 ч;

с использованием проводных средств связи — до 2 ч;

свертывание подразделения звуковой разведки — на 0,5 ч меньше, чем на развертывание (при развертывании и свертывании ночью, зимой в лесисто-болотистой местности и в горах приведенные нормы времени увеличиваются в 1,5—2 раза);

определение координат цели (репера, разрыва) при поступлении в ЦВМ необходимой информации — до 15 с;

определение отклонений разрыва (центра группы разрывов) от цели — 15 с от момента определения координат разрывов.

Глава 2

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКОВ ВЫСТРЕЛОВ (РАЗРЫВОВ)

2.1. Сведения из акустики

Колебательный процесс

Распространение звуков выстрелов и разрывов снарядов (мин) в атмосфере представляет собой ряд колебательных процессов воздуха. Изучением природы звуковых колебаний занимается раздел физики — акустика. Вопросы, которые изучаются акустикой, очень разнообразны (физиологическая акустика, архитектурная акустика, музыкальная акустика, атмосферная акустика и т. д.). Далее будут рассмотрены только те вопросы из акустики, которые помогут раскрыть сущность колебательных процессов, возникающих при артиллерийской стрельбе.

Для возбуждения колебательного движения достаточно воздействовать на тело, способное колебаться, внешним импульсом силы. Импульсом силы в механике называется действие силы на тело, математически представляемое как произведение величины действующей силы на продолжительность ее действия на данное тело (Ft). Такое воздействие выведет тело из равновесного положения и приведет к появлению упругой силы (возвращающей) — первого необходимого условия колебательного движения. Второе условие — наличие инерции у тела — всегда имеет место, так как всякое тело обладает массой, а следовательно, и пропорциональной этой массе инерцией (согласно первому закону Ньютона).

В зависимости от того, как направлены колебания частиц тела, различают два вида колебаний: продольные и поперечные. Колебания наблюдаются не только в механике (примером механических колебаний могут служить колебания различных маятников, стержней, струн, мембран, камертонов и др.). Колебаниям могут подвергаться и физические величины немеханического происхождения (сила и направление электрического тока, напряженность электрического и магнитного полей и др.). Система (механическая, электрическая и др.), в которой могут происходить колебания, называется колебательной системой.

Периодические колебания

Колебание, при котором колеблющаяся величина является функцией времени, т. е. все мгновенные значения колеблющейся величины, которые повторяются через одинаковые промежутки времени в той же последовательности, называется периодическим колебанием. В жидких и газообразных средах образуются (в отличие от твердых тел) только продольные колебания: частицы среды колеблются вдоль линии распространения колебательных движений, образуя сгущение и разрежение среды.

Время одного полного колебания принято называть периодом полного колебания и обозначать буквой T. Наибольшее смещение колеблющейся частицы от своего равновесного положения называют амплитудой колебания. Частота колебаний f (число полных колебаний в единицу времени) как обратная периоду величина может быть выражена через T соотношением

$$f = 1/T. \qquad (2.1)$$

Простым гармоническим колебанием называется такое колебание, которое совершается по закону изменения синуса угла от 0 до 360°.

Наглядное представление о законе, по которому изменяется смещение простого гармонического колебательного движения, можно получить с помощью графика смещения (рис. 2.1). На графике по оси ординат откладывают значения смещений x: положительные смещения — выше горизонтальной оси (оси абсцисс), отрицательные — ниже. По оси абсцисс принято откладывать или время t (в долях периода T), или угловую величину ωt (в долях π), характеризующую фазы колебания.

На рис. 2.1 по оси абсцисс нанесена двойная шкала и для t (сверху оси), и для ωt (снизу). Кривая смещений построена путем проецирования на график последовательных положений точки, совершающей гармонические колебания вдоль диаметра xx'. Нумерация точек, образующих кривую (в правой стороне рисунка) совпадает с нумерацией положений точки, колеблющейся вдоль оси x (левая сторона рисунка). Промежуток времени, соответствующий двум смежным точкам, составляет $1/12T$. За начало отсчета времени, т. е. за начало наблюдения, принят момент нахождения колеблющейся точки в положении 0 (иными словами, взят случай, когда начальная фаза φ_0 равна нулю). Согласно графику фаза φ колеблющейся точки в положении *4* равна $2/3\pi$. Такие же фазу, смещение и направление движения имеет точка *16* кривой.

Так как смещение пропорционально синусу углового значения фазы φ, кривая на графике (рис. 2.1) является синусоидой.

Применённый на рис. 2.1 метод развертывания колебаний во времени имеет место при записях колебаний на ленте регистрирующих приборов звукометрических комплексов. Вследствие рав-

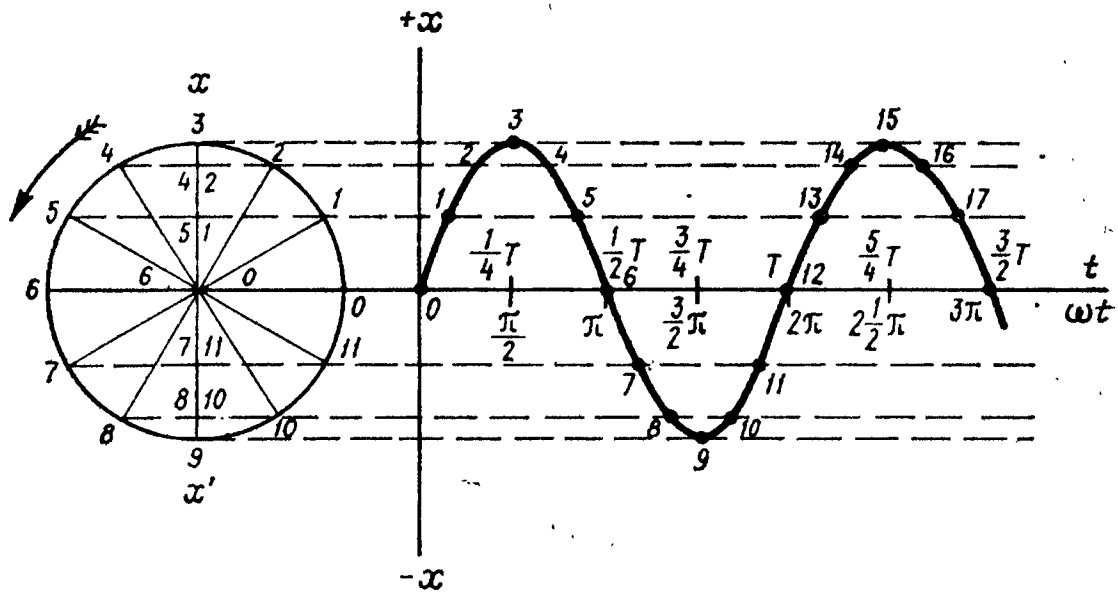


Рис. 2.1. График смещения простого гармонического колебательного движения

номерного продольного перемещения бумажной ленты поперечные колебания перьев приводят к записи на ней графиков смещений.

Сложные колебания

До сих пор мы рассматривали только такое гармоническое колебательное движение, которое происходит под влиянием одной силы. Подобное колебательное движение называется простым. Но очень часто тело подвержено одновременному действию нескольких сил. В таком случае тело будет находиться в сложном движении. Согласно закону независимого действия сил результат действия каждой отдельной составляющей силы не будет зависеть от характера одновременно с нею действующих других сил. Благодаря этому закону сложное движение является суммой нескольких простых гармонических колебательных движений. Следовательно, для определения характера и законов сложного движения нужно произвести сложение составляющих движений. Подобное сложение можно осуществить двумя способами: аналитически и графически. В основе каждого способа при сложении нескольких простых гармонических колебательных движений лежит сложение смещений, испытываемых телом в результате каждого отдельного простого гармонического колебания.

Графический способ дает наглядное представление о методике сложения колебательных движений и о характере получающегося сложного колебания.

Пользуясь одной и той же системой координатных осей, строят графики смещений складываемых простых гармонических колебаний (рис. 2.2). Кривая результирующего колебания, очевидно, получится как геометрическое место точек, ординаты (смещения) которых равны алгебраическим суммам соответствующих

ординат (смещений) складываемых колебаний. Например, для построения точки n отрезок mn_1 (равный x_1) добавляется графически (так как складываемые смещения имеют одинаковый знак — «плюс») к отрезку mn_2, т. е. к x_2. В случае когда знаки складываемых смещений x_1 и x_2 противоположны (рис. 2.3), меньший по своему абсолютному значению отрезок mn_1 (равный x_1) отнимается графически (путем наложения) от большего mn_2 (или x_2), в результате чего получается точка n, которой соответствуют результирующее смещение x и знак уменьшаемого смещения x_2 («минус»). Подписи под рисунками относятся к характеристике складываемых колебаний. На рис. 2.2 складываются два простых гармонических колебательных движения (помеченные цифрами I и II) с одинаковыми периодами $T_1 = T_2$, равными на графике отрезку OB, различными амплитудами A_1 и A_2 и без сдвига начальных фаз ($\varphi'_0 = \varphi''_0 = 0$).

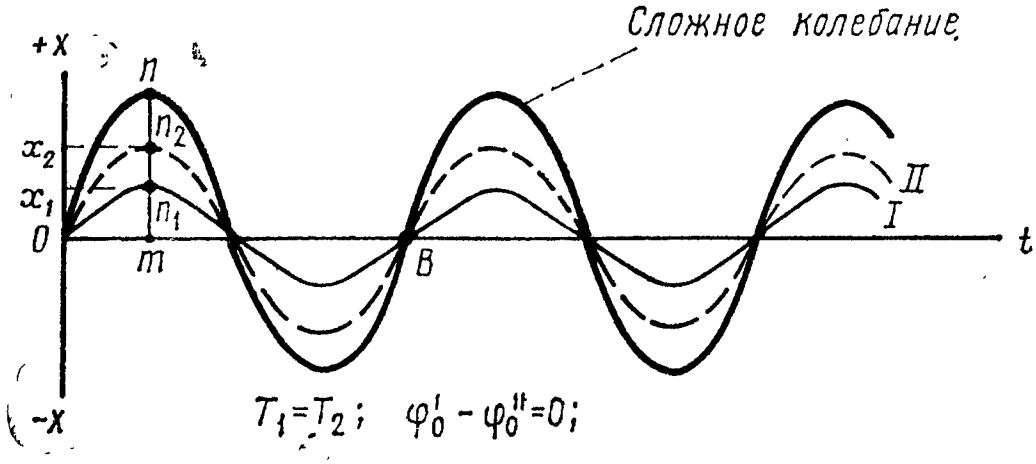


Рис. 2.2. Сложение двух простых гармонических колебаний, происходящих с одинаковыми периодами, с различными амплитудами и с нулевой разностью фаз

Результирующее колебание, показанное яркой линией, характеризуется тоже синусоидой, т. е. является также гармоническим колебательным движением с тем же периодом, но с увеличенной амплитудой. На рис. 2.3 показано сложение двух простых гармонических колебательных движений с одинаковыми периодами, различными амплитудами, но с разностью фаз, равной π (или 180°). Результирующее колебание согласно рисунку является гармоническим колебательным движением с тем же периодом, но с несколько меньшей амплитудой.

Но не всегда два простых гармонических колебательных движения дают в результате сложения тоже гармоническое колебание. На рис. 2.4 показан случай сложения двух гармонических колебаний *а* и *б*, происходящих с различными периодами ($T_2 = 4{,}5\,T_1$). Несмотря на равенство начальных фаз ($\varphi'_0 = \varphi''_0 = 0$), сложное колебание в данном случае, как видно из рисунка, не является гармоническим, а остается только колебательным, повторяющимся через $T_{сл}$ секунд (точки n_1, n_2 и n_3 всех трех кривых соответствуют одинаковой фазе — нулевой).

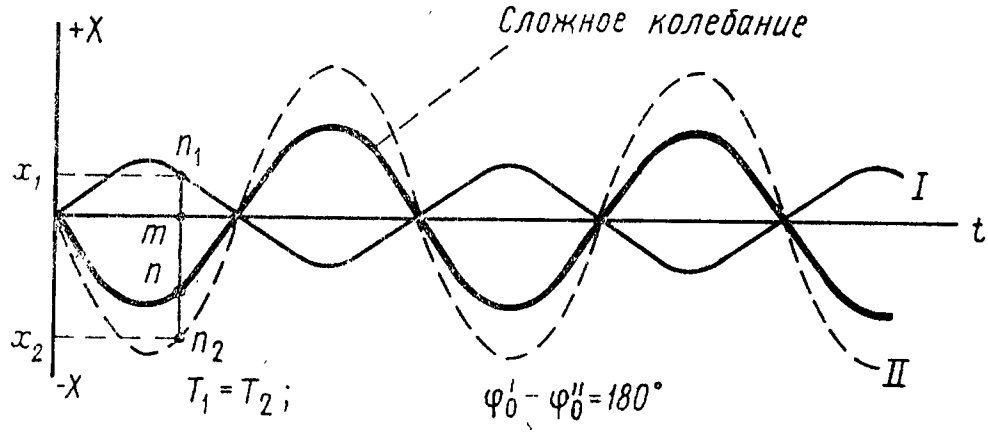


Рис. 2.3. Сложение двух простых гармонических колебаний, происходящих с одинаковыми периодами, с различными амплитудами и с разностью фаз в 180°

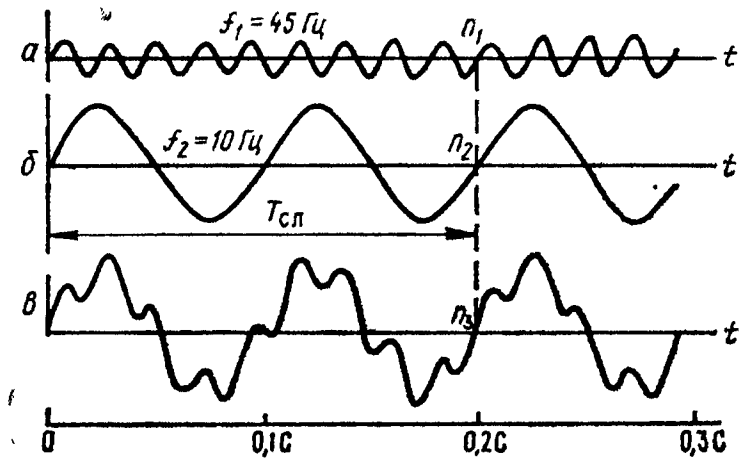


Рис. 2.4. Колебание, не являющееся гармоническим, полученное в результате сложения двух простых гармонических колебаний

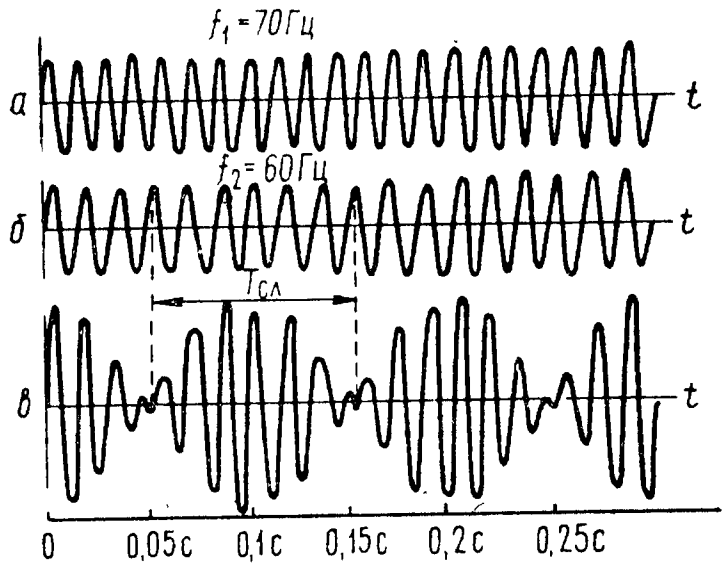


Рис. 2.5. Биения у сложного колебания

Записи звуков выстрелов (разрывов) на ленте регистрирующего прибора в большинстве случаев представляют собой примеры записей сложных колебаний, получающихся в результате сложений нескольких колебаний: колебаний, дошедших непосредственно от места возникновения звука выстрела (разрыва), и колебаний, возникающих в результате отражения звуков выстрела (разрыва) от различных местных предметов, неровностей местности, а иногда и от горизонтальных слоев воздуха. В случае сложения двух гармонических колебаний, происходящих с мало отличающимися частотами (частоты складываемых на рис. 2.5 колебаний *а* и *б* относятся как 7 : 6), результирующее колебание приобретает периодически затухающий характер (биения).

Частота биений ($f_{сл}$) равна разности частот слагаемых колебаний ($f_1 - f_2$):

$$f_{сл} = f_1 - f_2. \qquad (2.2)$$

В примере, приведенном на рис. 2.5, $f_1 = 70$ Гц и $f_2 = 60$ Гц. Частота биений получается равной 10 Гц, что соответствует $T_{сл} = 1/f_{сл} = 0{,}1$ с.

Затухающие колебания

Колебания, не получающие извне дополнительной энергии, являются затухающими. В механической колебательной системе причинами затухания являются трение, сопротивление воздуха и т. п. силы, непрерывно преодолеваемые колеблющейся системой на своем пути. В электрической колебательной системе причинами затухания являются омическое сопротивление, электрические и магнитные потери, электромагнитное излучение и т. п.

Затухающим называется такое колебание, амплитуда которого с течением времени непрерывно уменьшается, стремясь к нулю. Характер и степень затухания колебания зависят от свойств и величины той силы, которая вызывает затухание.

Если сила эта постоянна по величине, но меняет знак одновременно с изменением направления колебаний, амплитуда колебаний уменьшается по закону арифметической прогрессии (рис. 2.6). Такому требованию удовлетворяет, например, сила трения в механических колебательных системах. Если сила, вызывающая затухание, непостоянна и находится в пропорциональной зависимости от состояния системы (например, от скорости колебательного движения), амплитуда колебаний убывает по закону геометрической прогрессии (рис. 2.7). Указанные свойства присущи, например, силе сопротивления воздуха в механических колебательных системах при небольших скоростях и в электрических системах с сопротивлением.

Если сила, вызывающая у колебания затухающий характер, так велика, что к концу первого периода (или даже полупериода) амплитуда практически превращается в нуль (рис. 2.8), колебание называется апериодическим.

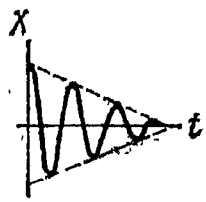


Рис. 2.6. Затухание колебаний по закону арифметической прогрессии

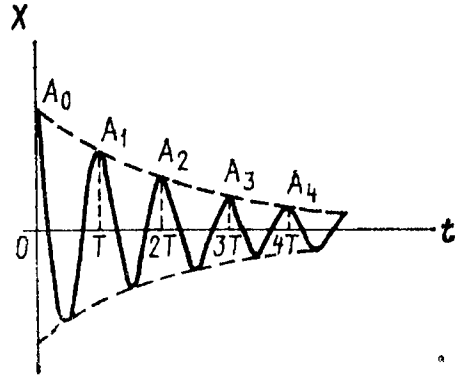


Рис. 2.7. Затухание колебаний по закону геометрической прогрессии

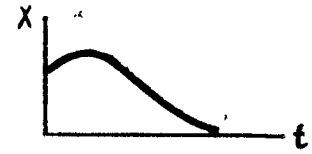


Рис. 2.8. Апериодическое колебание

Резонанс и резонаторы

Незатухающие колебания, поддерживаемые в колебательной системе за счет энергии, поступающей от постоянного (неколебательного) источника, называются автоколебаниями.

Особенностью автоколебаний является то, что они происходят с определенной амплитудой, величина которой зависит от свойства колебательной системы, а не от внешних причин.

Такие колебания, которые возникают под действием только одного толчка и затем предоставляются самим себе без всякого последующего воздействия, носят название свободных колебаний. Если при этом свободные колебания происходят без затухания (коэффициент затухания $\delta = 0$), они называются собственными.

Звукометрический комплекс (станция) имеет, как правило, прибор для графической регистрации колебаний, испытываемых звукопринимающими приборами. Эти колебания не относятся к числу свободных: они не возникают под влиянием одного толчка, а происходят под влиянием «навязываемых» извне колебаний (например, колебаний, доходящих до звукоприемников через атмосферу), длящихся в течение небольшого промежутка времени. Такие колебания, которые происходят под влиянием внешней периодически изменяющейся силы, называются вынужденными.

Явление воздействия одной колебательной системы на другую, наблюдаемое при равенстве частот вынужденных и собственных колебаний ($f = f_0$), называют резонансом. При этом вынуждающую систему называют вибратором, а систему, совершающую вынужденные колебания, — резонатором.

Если увеличивать частоту f вибратора до $f > f_0$, влияние вынуждающих колебаний будет становиться меньше, амплитуды колебаний резонатора уменьшаются, при f, значительно превосходящих f_0, это воздействие проявится лишь в вибрации резистора.

Весь процесс передачи колебаний от мембраны звукоприемника до пера регистрирующего прибора с физической точки зрения представляет собой ряд вынужденных колебаний. Между тем вынужденные колебания могут подвергаться искажениям: относительно своей амплитуды и относительно своих фаз.

Тот или иной резонатор реагирует не на все вынужденные колебания в одинаковой степени. Наибольшие амплитуды его колебаний наблюдаются в области частот, близких к собственной частоте f_0 резонатора. Поэтому, если к звукоприемнику будут подходить (как это и бывает на практике) сложные акустические колебания, состоящие из колебаний различной частоты, масштаб воспроизведения амплитуд отдельных частных колебаний будет различен и форма колебаний в целом будет искажена.

Явление резонанса ($f = f_0$) дает возможность регистрировать синусоидальные колебания с малой амплитудой. При несинусоидальной же форме колебаний использование резонанса приводит к сильным искажениям формы.

Чтобы избежать подобных искажений, в современной технике предпочитают отказываться от использования явления резонанса, конструируя резонатор так, чтобы собственная частота f_0 резонатора была больше тех частот, которые приходят извне.

Однако применение резонатора с высокой собственной частотой колебаний приводит к понижению чувствительности, поэтому возникает необходимость усиливать колебания, применяя электронные схемы усиления.

Акустические волны

Круги, расходящиеся по спокойной поверхности воды от брошенного в воду камня, являются результатом механических колебаний частиц. Находящийся на поверхности воды в районе расходящихся кругов какой-нибудь легкий предмет (щепка, лист), последовательно то поднимаясь, то опускаясь, позволяет нам обнаружить колебательный характер движения этих частиц. Наблюдаемые на воде круги являются формой распространения колебательного процесса по поверхности воды, а сама вода — материальной средой, передающей колебания вдоль поверхности.

Подобное распространение колебательного процесса в среде называется волновым движением. При волновом движении происходит передача энергии средой, но отсутствует перенос самих частиц среды вместе с волной. Действительно, водяные круги (волны), например, свободно проходят то место, где плавает на поверхности легкий предмет, не увлекая с собой этот предмет в направлении своего распространения.

Известно, что, если поместить звонок под колоколом разрежающего воздушного насоса и откачивать воздух, слышимость звука станет постепенно ухудшаться и при полном удалении воздуха совсем исчезнет. Этот опыт наглядно показывает, что звук в пу-

стоте распространяться не может и что для его распространения нужна материальная среда (например, воздух).

Для того чтобы в материальной среде могло происходить волновое движение, необходимы два условия: во-первых, наличие упругих сил взаимодействия между частицами среды и, во-вторых, наличие очага (центра) возмущения среды.

Волновое движение в среде наблюдается только тогда, когда деформация среды, имеющая место в очаге возмущения, может встретить сопротивление со стороны упругих сил среды.

Между частицами среды (тела) наблюдаются два вида упругих сил взаимодействия — силы притяжения и силы отталкивания. Эти силы возрастают в результате уменьшения расстояния между частицами и убывают при увеличении расстояния между ними. Однако зависимость изменения обоих видов упругих сил от изменения расстояния между частицами неодинакова — силы отталкивания изменяются быстрее, чем силы притяжения.

Подобное соотношение между изменениями сил притяжения и отталкивания приводит к тому, что в сжимаемом теле силы отталкивания преобладают над силами притяжения и тело проявляет стремление к расширению до прежних размеров. Наоборот, при расширении преобладают силы притяжения, что вызывает у тела стремление сократиться до прежних размеров, при которых силы притяжения и отталкивания были бы равны. Например, сжатый или растянутый кусок резины после освобождения от сил, вызывающих его деформацию, приобретает снова свои первоначальные размеры (если силы деформации не превышали допустимые).

Как известно, всякое тело (материальная среда) состоит из частиц (молекул), находящихся в непрерывном тепловом движении. Но, так как тепловое движение частиц беспорядочно, преимущественного направления у такого движения нет. Вследствие этого тепловое движение частиц не отражается на процессе образования волн, поэтому можно пренебречь тепловым движением и считать частицы неподвижными при отсутствии, конечно, волнового движения в среде.

Среда, все частицы которой находятся в подобном условном покое, называется невозмущенной. Мы можем считать, что каждая частица невозмущенной среды находится в равновесии под влиянием равных междучастичных сил притяжения и отталкивания.

Рассмотрим подробнее процесс «возмущения» среды.

Частицы материальной среды, тесно соприкасающиеся с поверхностью какой-нибудь механической колебательной системы, подвергаются воздействию периодически изменяющейся внешней силы. В результате подобного механического воздействия эти частицы за счет энергии колебательной системы сами приходят в вынужденные колебания и становятся очагом возмущения по отношению ко всей остальной среде.

Наличие упругих сил взаимодействия между частицами среды не позволяет возникшему в очаге возмущения колебательному процессу протекать изолированно от соседних частиц. Вывод из положения равновесия любой частицы среды вследствие нарушения равенства между силами притяжения и отталкивания приводит соседние частицы в колебательное движение, что, в свою очередь, вызывает образование волнового движения в среде.

Остановимся подробнее на процессе механического взаимодействия между какой-либо частицей очага возмущения и окружающими ее частицами среды и рассмотрим образование продольной волны в среде. Для этого возьмем прямолинейный ряд частиц, входящих в состав какой-либо среды. В первой строке на рис. 2.9 схематически показаны двенадцать таких частиц невозмущенной среды. В целях большей наглядности нечетные частицы изображены на рисунке белыми кружками с точкой в центре, а четные — черными кружками.

Допустим теперь, что какая-нибудь частица среды, например частица *1*, под влиянием внешней силы пришла в гармоническое колебание и начала двигаться вправо вдоль ряда частиц *1—12*. Первая строка рисунка, обозначенная сбоку надписью «0», соответствует начальному моменту колебательного движения частицы *1*. Спустя $1/8T$ после начала колебания (T — период полного колебания частицы) частица *1*, как показано во второй сверху

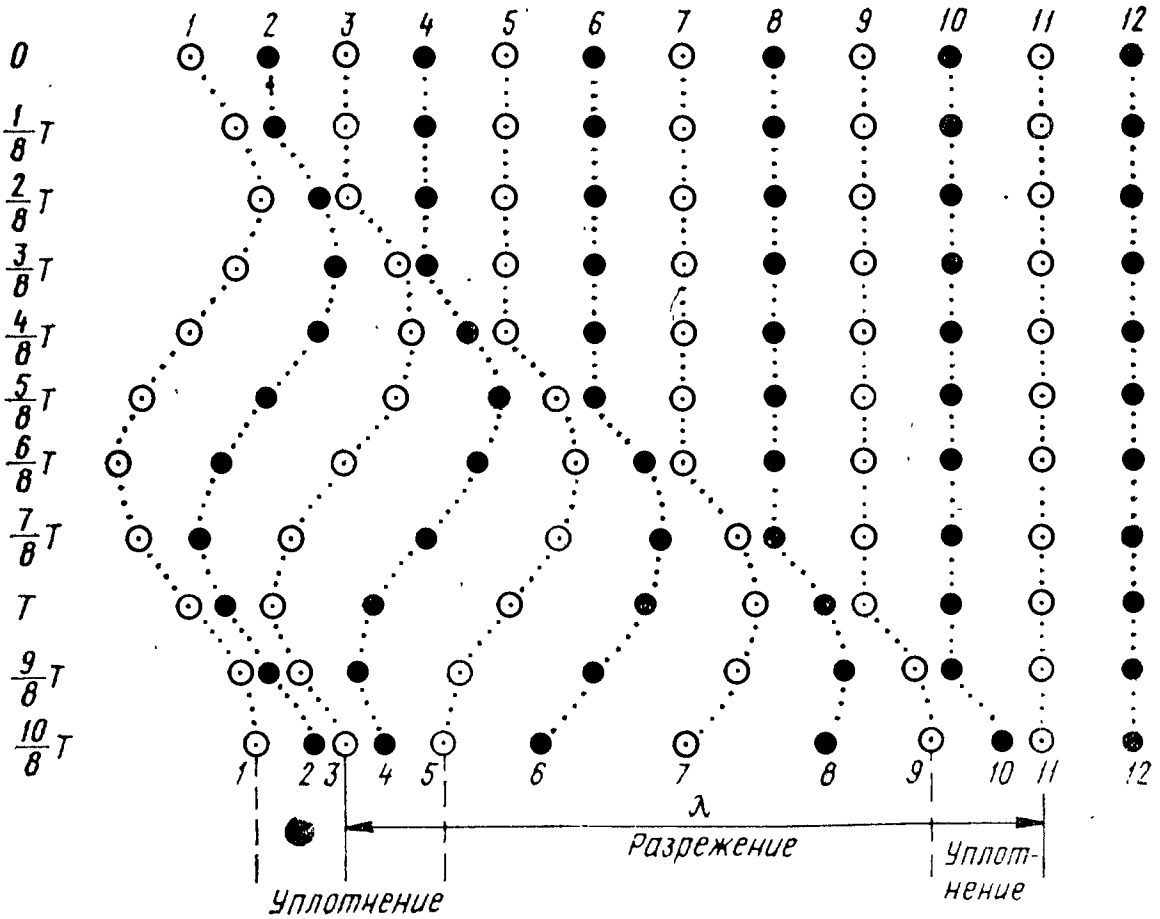


Рис. 2.9. Схема образования продольной волны

строке рисунка, продолжает еще двигаться вправо. Происшедшее сближение частицы *1* с частицей *2* заставит частицу *2* повторять колебания частицы *1* с некоторым опозданием. Степень подобного опоздания для любой соседней частицы для условий, показанных на рисунке, равна $1/8T$. Таким образом, вторая строка рисунка соответствует моменту начала колебаний частицы *2*. Через $2/8T$ после начала возмущения среды (третья строка рисунка) частица *1* займет крайнее правое положение, частица *2*, двигаясь вправо, еще не дошла до своего крайнего положения, а остальные частицы *3—12* находятся в равновесных положениях, причем частица *3* только начинает свои колебания.

Пятая строка, соответствующая времени $t = 4/8T$, показывает, что к этому моменту частица *1* закончила половину своего полного колебания, а распространяющийся в среде колебательный процесс дошел до частицы *5*. На строке, помеченной сбоку буквой *T*, зафиксировано положение частиц ряда к моменту окончания частицей *1* своего полного колебания. Видно, что к этому моменту колебательный процесс распространился в среде на расстояние, отделяющее частицу *9* от частицы *1*. Это расстояние равно длине волны (λ). Длиной волны называется расстояние, на которое распространяется колебательный процесс в среде за период полного колебания *T*. Расстояние между частицами *3* и *11* на последней строке рисунка также равно λ.

Из рисунка видно, что обе частицы *1* и *9*, начиная с момента времени *T*, находятся все время в одинаковой фазе колебаний (на строке *T* фаза колебаний упомянутых частиц равна 0°, на строке $9/8\ T$ — 45°, на строке $10/8\ T$ — 90° и т. д.). Это обстоятельство делает понятным другое, часто встречающееся определение длины волны: длиной волны (λ) называется расстояние, взятое по направлению распространения колебаний, между двумя ближайшими частицами среды, находящимися в одинаковой фазе колебаний. Так как рассмотренные колебания частиц среды происходили в направлении, совпадающем с направлением распространения в среде колебательного процесса, т. е. вдоль ряда частиц, образовавшаяся в результате волна называется продольной.

Формирование продольной волны заканчивается к концу полного периода колебания частицы, возмутившей среду, поэтому структуру продольной волны можно видеть только на трех последних строках рисунка 2.9. Продольная волна состоит из чередующихся между собой уплотнений (сжатий) и разрежений частиц среды. Например, рассматривая строку *T*, мы видим, что передняя часть продольной волны (частицы 7—9) представляет собой участок уплотнения, центральная часть волны (частицы 3—7) — участок разрежения и тыловая часть волны (частицы 1—3) — опять участок уплотнения. Таким образом, образовавшаяся волна состоит из двух полууплотнений и заключенного между ними участка разрежения. Уплотнение, созданное частицами 1—3

последней строки рисунка, принадлежит второй волне, непосредственно следующей за первой.

Итак, видно, что результатом одного полного колебания в очаге возмущения является образование одной волны длиной λ. Отсюда вытекает, что число волн, образованных в среде, равно частоте f колебаний, возникающих в очаге возмущения.

Допустим, что в очаге возмущения колебания длились ровно одну секунду. Тогда число произведенных полных колебаний (и, следовательно, волн) будет f. Если скорость распространения колебательного процесса в среде считать постоянной величиной и обозначить буквой C, расстояние, на которое распространится колебательный процесс в среде за одну секунду, будет на основании определения скорости равномерного движения численно равно C. Таким образом, на отрезке протяженностью C уложится f волн, каждая длиной λ.

Следовательно, можно написать:

$$C = \lambda f. \qquad (2.3)$$

Данная формула дает зависимость, применимую к любой среде и к волне любого вида (акустической, оптической, радиотехнической и пр.), между скоростью распространения колебательного процесса, длиной волны и частотой колебаний. Из формулы видно, что при неизменной скорости C, которая наблюдается в случае распространения колебаний в однородной среде, длина волны λ обратно пропорциональна частоте f колебаний источника (вибратора). Чем больше колебаний в секунду совершает вибратор, тем короче создаваемые им волны, и наоборот. Таким образом, вибратор может быть охарактеризован не только частотой колебаний, но и длиной волн, излучаемых им в данной среде.

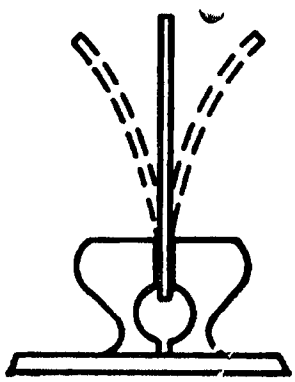


Рис. 2.10. Колебания упругой пластины, зажатой в тиски

Если укрепить в тисках (рис. 2.10) в вертикальном положении длинную и тонкую отдельную полосу так, чтобы из тисков выступала большая часть длины этой полосы, и, отогнув ее, отпустить, полоса станет совершать редкие и заметные на глаз колебания. Но такие колебания не будут нам слышны, если длина колеблющейся части полосы достаточно велика. Будем постепенно сокращать длину полосы, каждый раз повторяя опыт. Мы заметим, что по мере уменьшения длины колебания становятся все более и более частыми. При некоторой частоте колебаний мы начнем слышать звук, вызванный колебаниями. Если продолжать сокращать длину и дальше, мы обнаружим, что одновременно с увеличением частоты колебаний полосы будет постепенно повышаться тон звука. И наконец, когда из тисков будет выступать небольшая часть полосы, мы снова перестанем слышать колебания.

Рассмотренный пример приводит нас к следующим заключениям.

Во-первых, механические колебания тел способны вызывать у нас звуковые ощущения. Действительно, повседневный опыт убеждает нас в том, что всякий звук является результатом колебаний того или иного тела. Звук может быть вызван колебаниями твердого тела (струны, камертона и пр.), жидкого (шум водопада, всплеск волн) и газообразного (воздуха в духовых музыкальных инструментах, шуме ветра и пр.).

Во-вторых, не все колебания воспринимаются нами как звук. Очень редкие или, наоборот, очень частые колебания не могут вызвать у нас звуковых ощущений. Установлено, что наше ухо ощущает колебания в форме звука лишь частотой от 16 до 20 000 Гц.

Из того факта, что звук мы можем ощущать только благодаря доходящим до нас по воздуху волнам, а воздух как газ способен передавать лишь продольные колебания, вытекает третье заключение: звуковая волна при распространении в воздухе является продольной и состоит, следовательно, из областей сжатия и разрежения воздуха (рис. 2.11).

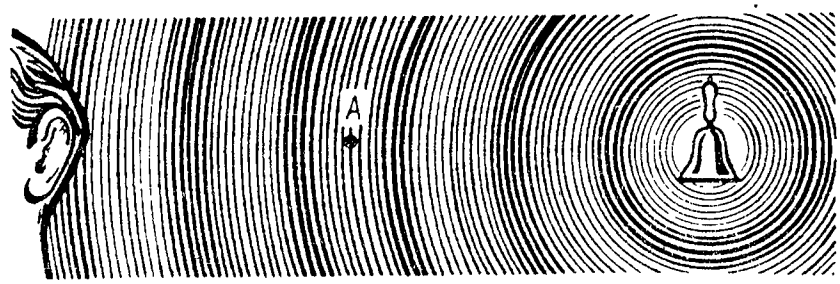


Рис. 2.11. Звуковые волны в воздухе; *A* — область разрежения

Волны, возникающие в результате колебаний, происходящих с частотой, меньшей 16 Гц, получили название инфразвуковых или просто инфразвуков (от латинского слова *infra* — по эту сторону). Частоту меньше 16 Гц называют инфрачастотой.

Волны же, образующиеся при частотах колебаний, превосходящих 20 000 Гц, именуют ультразвуковыми или просто ультразвуками (*ultra* — по ту сторону, за). Частоту ультразвуковых колебаний принято называть ультрачастотой.

Природа инфразвуковых, звуковых и ультразвуковых волн одна и та же — все они в воздухе являются продольными волнами и подчиняются общим законам распространения, отличаясь одна от другой частотой колебаний и, следовательно, длиной. Поэтому все три перечисленные разновидности волн можно объединить общим наименованием — акустические волны.

Табл. 2.1 дает представление о длинах и частотах колебаний всех трех разновидностей акустических волн. Значения длин волн

в таблице приблизительны, так как рассчитаны по формуле $C = \lambda f$ при условии, что скорость распространения всех видов волн в воздухе одинакова и равна при 0° С округленно 331 м/с. В действительности скорость распространения инфразвуковых волн в воздухе несколько меньше, чем звуковых. Ультразвуковые волны не наблюдались в воздухе из-за сильного поглощения этих волн воздухом.

Таблица 2.1

Характеристики акустических волн

Виды акустических волн	Частоты	Длины волн
Инфразвуковые	Менее 16 Гц	Более 20,7 м
Звуковые	16—$2 \cdot 10^4$ Гц	От 20,7 м до 16 мм
Ультразвуковые	$2 \cdot 10^4$—$3 \cdot 10^6$ Гц	От 16 до 0,1 мм

Ультразвуковые волны в последние 30 лет привлекли к себе внимание исследователей из-за открывшихся перспектив технического использования их в различных целях (подводная сигнализация, гидролокация, отыскание раковин и неоднородностей в металле — ультразвуковая дефектоскопия и др.). Они обладают рядом интересных свойств, например направленностью своего распространения, но в звуковой разведке никакой роли не играют.

Звуковые волны в интервале звуковых частот выстрелов (разрывов) для звуковой разведки имеют второстепенное значение. Наибольший интерес представляют инфразвуковые волны, со свойствами которых мы познакомимся после рассмотрения вопроса о том, какие изменения физического состояния претерпевает воздух при распространении акустической волны.

Физическое состояние воздуха, как и всякого газа, определяется такими физическими величинами, как плотность, давление, температура и т. д.

При прохождении в воздухе акустической волны, состоящей из чередующихся областей сжатия и разрежения, все названные физические величины, характеризующие состояние воздуха, подвергаются изменениям. В данный момент времени в точке A (см. рис. 2.11) наблюдаются наибольшее разрежение воздуха и, следовательно, наименьшая плотность, наименьшее давление и низшая температура воздуха (при разрежении всякий газ охлаждается, а при сжатии нагревается).

В процессе дальнейшего распространения волны по мере смещения влево всей системы волн, изображенной на рисунке, область разрежения, наблюдающаяся вокруг точки A, постепенно уступает место области сжатия, и тогда в этой точке будут наблюдаться наибольшие значения плотности, давления и температуры, затем точка A окажется снова в области разрежения и т. д.

Таким образом, в результате прохождения акустических волн изменения отдельных элементов физического состояния воздуха протекают непрерывно, постепенно (не скачкообразно) и носят колебательный характер. При этом необходимо отметить, что значения амплитуд колебаний упомянутых физических величин находятся в зависимости от амплитуд колебаний самих частиц среды около их равновесных положений во время прохождения волны. С увеличением энергии, переносимой волной, растет не только амплитуда колебаний смещения частиц воздуха, но и амплитуда колебаний плотности, давления и температуры отдельных областей воздуха.

Колебания температур в двух смежных областях воздуха при этом протекают без теплообмена (или почти без теплообмена) с другими смежными областями. В термодинамике процессы, происходящие при полном отсутствии теплообмена с окружающей средой, называются адиабатическими, а сопровождающиеся незначительным частичным теплообменом — политропическими. К физическим процессам, наблюдающимся при распространении акустических волн, относятся повышение давления воздуха при сжатии, т. е. при уменьшении объема данной массы воздуха, и, наоборот, понижение давления при разрежении, т. е. при увеличении объема этой массы воздуха. Из-за отсутствия теплообмена с окружающей средой уменьшение объема некоторой массы воздуха, например, в 2 раза вызовет увеличение давления не в 2 раза (как это было бы в случае, если бы вся теплота, приобретаемая воздухом в результате сжатия, успевала полностью перейти в смежные области), а в 2^{κ} раза, где показатель κ, называемый показателем политропы, всегда больше 1. Например, в случае распространения звуковых волн в сухом воздухе показатель политропы принимают равным 1,403, а в случае распространения в таком же воздухе инфразвуковых волн, которые преобладают в составе звука орудийного выстрела (или разрыва снаряда) и имеют частоту колебаний от 5 до 11 Гц, показатель политропы можно принять равным 1,395—1,396.

Свойства инфразвуковых волн

Инфразвуковые волны образуются при всяком резком перемещении больших поверхностей, направления перемещения которых перпендикулярны этим поверхностям. Инфразвуковые волны, например, возникают при быстром открывании и закрывании дверей, окон, при резком движении листа фанеры или картона, при ударе по натянутому полотняному экрану и т. д. Инфразвуковые волны, образующиеся при стремительном открывании или закрывании двери, можно легко обнаружить по их действию, проявляющемуся в хлопанье других дверей и окон того же здания. Так как подобное хлопанье происходит почти сразу же после открывания или закрывания первой двери и может наблюдаться даже у дальних дверей и окон (в другом конце коридора, на другом этаже), объ-

яснить его действием потоков воздуха — сквозняком, конечно, нельзя, сквозняк не распространяется так быстро (скорость акустических волн в комнатном воздухе близка к 340 м/с).

Появление инфразвуковых волн обусловливается не столько величиной перемещения поверхностей (перемещение может быть небольшим), сколько резкостью, быстротой самого перемещения и достаточно большими размерами поверхностей. Резкое перемещение в воздухе большой поверхности приводит к образованию впереди движущейся поверхности значительных избыточных давлений, при этом сзади такой поверхности возникает область разрежения.

Давление среды, когда в ней отсутствуют звуковые колебания, называют статическим давлением. Разность между мгновенным значением давления в области сжатия и статическим давлением в одной и той же точке среды называют звуковым давлением, а в звукометрии — избыточным давлением (Δp).

Избыточные давления Δp, создаваемые инфразвуковыми волнами даже при небольших скоростях V перемещения поверхностей, намного превосходят избыточные давления, сопровождающие звуковые волны. Так, при $V = 1$ м/с у инфразвуковых волн наблюдается $\Delta p \approx 400$ Н/м^2 (вблизи перемещающейся поверхности). В звуковых же волнах, имеющих место, например, при обычном разговоре средней громкости, $\Delta p \approx 0{,}1$ Н/м^2 (вблизи уха слушающего человека).

Свойство инфразвуковых волн переносить с собой большие избыточные давления облегчает улавливание их звукоприемником, так как колебания мембраны микрофона звукоприемника происходят под действием избыточных давлений воздуха.

Инфразвуковые волны обладают другим важным для звуковой разведки свойством. Они легче, чем звуковые, проходят через небольшие щели и отверстия в преградах. Звуковая волна, встретив на своем пути малое отверстие, не может передать через него свои области сжатия и разрежения с достаточно большими амплитудами. Причиной плохой способности звуковых волн проникать сквозь малые отверстия является их большая частота колебаний, т. е. малая продолжительность одного колебания. За то короткое время, в течение которого перед отверстием существует подошедшая, например, область сжатия звуковой волны, избыточное давление по другую сторону отверстия не успевает приобрести надлежащее значение, в результате происходит сильное затухание амплитуды колебаний в волне.

Совсем по-другому происходит, когда к малому отверстию подходит область сжатия инфразвуковой волны. В этом случае колебательные процессы протекают значительно медленнее благодаря большому периоду колебаний T инфразвуков и по другую сторону отверстия успевает накопиться достаточно сильная область сжатия. То же самое происходит и с передачей через отверстие области разрежения, следующей за областью сжатия.

Таким образом, инфразвуковые волны обладают способностью проникать через такие малые отверстия, которые являются непреодолимыми для звуковых волн.

Рассмотренное свойство инфразвуковых волн допускает работу звукоприемников с микрофонами, находящимися внутри их корпусов. Отверстия с войлочной прокладкой в дверцах звукоприемников (СЧЗ-6М) и воздушные полости (звуководы) определенных размеров в полусферических корпусах звукоприемников (АЗК) служат преградой для ветра, но не для инфразвуковых волн.

По той же причине установка звукоприемника в специальном окопе и накрывание этого окопа брезентом, матами из соломы, жердями и ветвями деревьев не лишает возможности приема инфразвуковых волн.

Необходимо отметить еще одно благоприятное для звуковой разведки свойство инфразвуковых волн — их способность легко обходить встретившиеся на пути предметы не очень больших размеров (кустарники, отдельные деревья, мелкие постройки и пр.).

Плоские, сферические волны и акустические лучи

Форма акустической волны определяется физическим состоянием среды, размерами и формой источника излучения.

В отношении своего физического состояния среда может быть однородной и неоднородной. Под однородной средой следует понимать такую среду, во всех частях (элементах) которой наблюдается одинаковое физическое состояние (плотность, температура, давление и пр.). Среда, не удовлетворяющая этому требованию, будет неоднородной в физическом отношении.

Однородная среда допускает одинаковое распространение волны во всех направлениях.

Реальная атмосфера под влиянием метеорологических условий и других причин никогда не бывает вполне однородной в акустическом отношении. Она всегда неоднородна в большей или меньшей степени.

Если размеры источника излучения велики по сравнению с длиной излучаемых им волн, последние в однородной среде имеют плоскую форму и распространяются преимущественно в одном направлении. Например, если на поверхность спокойной воды бросить плашмя длинную жердь, по обе стороны от места падения будут расходиться параллельные ряды волн.

По мере того как размеры излучателя уменьшаются по сравнению с длиной излучаемых волн, плоская форма волны искривляется все больше и больше. В случае точечного (практически очень малого) источника излучения в однородную среду будут излучаться сферические (шаровые) волны. Действительно, если на спокойную поверхность воды бросить небольшой камень, от места падения во все стороны будут распространяться волны в форме концентрических окружностей.

По мере распространения сферической волны радиус r сферы безгранично растет. При этом кривизна волны ($1/r$) уменьшается, стремясь к нулю. На больших расстояниях (порядка нескольких километров) от источника излучения небольшие участки сферической волновой поверхности в атмосфере практически можно считать плоскими.

Направления SA, SB, SH, SL, SM и др. (рис. 2.12 и 2.13), по которым происходит распространение акустических волн, называют **акустическими лучами. Акустический луч** всегда направлен по нормали (нормалью к кривой поверхности в какой-либо точке последней называется перпендикуляр к плоскости, касательной к этой поверхности в рассматриваемой точке) к поверхности волны. Для случая сферических волн направления акустических лучей совпадают с направлениями радиусов сферы и, следовательно, являются расходящимися. Плоским волнам mm_1, nn_1 (см. рис. 2.12) соответствует параллельное расположение акустических лучей.

Интенсивность звука

Известно, что всякая волна несет энергию, следовательно, расходуя ее, может совершать работу. Работа же, совершаемая в 1 с, численно равна мощности источника энергии. Таким образом, акустическую волну можно характеризовать такой величиной, как мощность.

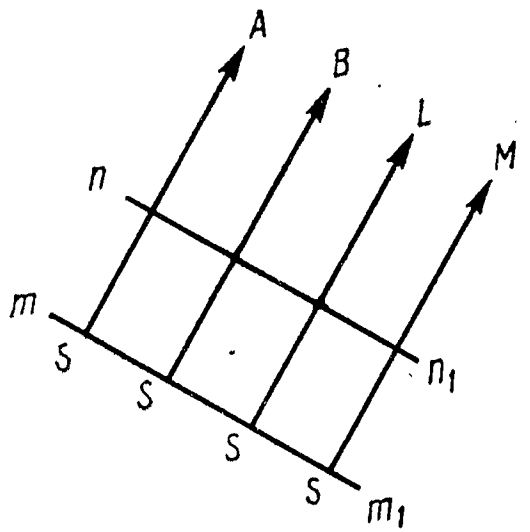


Рис. 2.12. Расположение акустических лучей плоской волны

Если мощность P разделить на всю поверхность этой волны, получится мощность волны, отнесенная к единице поверхности.

В системе СИ средняя мощность акустической волны приходится на 1 м^2 поверхности, носит наименование интенсивности I волны и имеет размерность Вт/м^2.

У сферической акустической волны интенсивность

$$I = P/4\pi r^2, \qquad (2.4)$$

где r — радиус волны или расстояние от волны до источника излучения;

$4\pi r^2$ — поверхность шара.

Интенсивность сферической акустической волны непрерывно уменьшается по мере распространения волны. Это убывание интенсивности вызвано геометрическими причинами — в связи с увеличением радиуса r сферы растет поверхность сферы, что ведет к постепенному уменьшению того значения средней мощности, которое приходится на 1 м².

При распространении акустических волн в реальной атмосфере из-за дополнительного поглощения энергии средой интенсивность волн, а следовательно, и сопряженные с нею величины (амплитуды колебаний смещения частиц, давление, плотность и пр.) затухают еще быстрее, чем в идеальной среде.

Скорость распространения акустических волн при безветрии

Теория дает следующую формулу для вычисления скорости распространения акустических волн в воздухе:

$$C = \sqrt{\frac{p}{\rho} K}, \qquad (2.5)$$

где C — скорость распространения акустических волн;

p — статическое давление среды (используется для определения скорости распространения звуковых колебаний в воздухе, может быть приравнено к барометрическому давлению атмосферы);

ρ — плотность воздуха;

K — показатель политропы.

Рассчитаем по этой формуле скорость C_0 распространения звуковых волн в воздухе при условиях: $t = 0°$ С; $p = 760$ мм рт. ст., $\rho = 1{,}293$ кг/м³; показатель политропы для звуковых волн, распространяющихся в воздухе, $K = 1{,}403$:

$$C_0 = \sqrt{\frac{760 \cdot 133{,}33 \cdot 1{,}403}{1{,}293}} \approx 331{,}6 \text{ м/с}.$$

Результат почти не отличается от значения скорости звука $C_0 = 331{,}4$ м/с, найденного опытным путем. Если в приведенном расчете показатель политропы взять равным 1,396, получим скорость распространения инфразвуковых волн в воздухе — 330,8 м/с.

Отсюда видно, что скорость распространения инфразвуковых волн несколько меньше скорости звука.

Расчеты произведены для условий распространения акустических волн в сухом воздухе, взятом при нормальных условиях. Реальный атмосферный воздух всегда содержит водяные пары, что отражается не только на значении плотности воздуха ρ, но и в незначительной степени на показателе политропы K. Вследствие этого скорость распространения акустических волн во влажном

воздухе несколько отличается от скорости распространения тех же волн в сухом воздухе.

В практике работы подразделения звуковой разведки влиянием влажности на показатель политропы пренебрегают, так как даже в периоды наибольшей абсолютной влажности воздуха (летом) неучет этого влияния приводит к ошибке в определении скорости звука, не превосходящей 0,3 м/с. Влияние же влажности на плотность воздуха более значительно, и им пренебречь нельзя.

Если пренебречь влиянием влажности на показатель политропы, а значение плотности воздуха заменить выражением, представляющим зависимость ρ от влажности и других метеорологических элементов *, получится формула для определения скорости распространения акустических волн C в воздухе с реальными температурой, давлением и влажностью:

$$C = C_0 \sqrt{\frac{1}{273} \frac{T}{1 - 0{,}378 \frac{e}{p}}}, \qquad (2.6)$$

где C_0 — скорость распространения волн в сухом воздухе, взятом при нормальных условиях;

T — абсолютная (действительная) температура воздуха в Кельвинах (при переводе температуры из градусов Цельсия в Кельвины пользуются формулой $T = t + 273$);

e — абсолютная влажность воздуха;

p — давление атмосферы.

Формула (2.6), полученная теоретическим путем, непригодна для практического использования в подразделениях звуковой разведки, так как она требует значительного времени на вычисление скорости звука и вызывает необходимость на метеорологическом посту производить измерения абсолютной влажности и давления воздуха. Однако ее можно значительно упростить и приблизить к практике, если в боевой работе подразделения звуковой разведки пользоваться значением виртуальной температуры воздуха, а не действительной температуры.

Применяя в практических расчетах виртуальную температуру, мы предполагаем, что акустические волны распространяются не во влажном воздухе, а в сухом, но в таком сухом воздухе, которому соответствовала бы такая же скорость распространения акустических волн, какую эти волны имеют в реальном влажном воздухе.

Таким образом, в своих расчетах мы заменяем действительный влажный воздух, имеющий реальную температуру T, воображаемым сухим воздухом, но чтобы этот сухой воздух позволял аку-

---

* $$\rho = \frac{\rho_0 \cdot 273 p \left(1 - 0{,}378 \frac{e}{p}\right)}{p_0 T}. \qquad (2.7)$$

стическим волнам распространяться с такой же скоростью, как и реальный влажный, необходимо согласно формуле (2.5), чтобы плотность сухого воздуха была такой же, как влажного.

Если в формуле (2.6) ограничиться лишь допущением $e = 0$ и при этом оставить значение температуры T без изменения, расчет скорости C будет неверным. Поэтому подстановка $e = 0$ в формулу (2.6) должна сопровождаться соответствующим изменением значения температуры воздуха T. Действительно, замена реальной влажности воздуха величиной $e = 0$ несколько увеличивает знаменатель второго сомножителя, стоящего под знаком радикала в формуле, и делает его равным 1. Поэтому для того чтобы скорость C не изменилась, необходимо увеличить и числитель (T) на столько же, на сколько изменен знаменатель. Но тогда в формуле вместо действительной температуры T должна стоять какая-то другая условная температура, более высокая, чем T. Эта температура называется виртуальной и обозначается T_v(К) или t_v (° С).

Виртуальная температура есть такая рассчитанная (а не фактически измеренная) температура воздуха, при которой плотность сухого воздуха равна плотности реального влажного воздуха при том же атмосферном давлении.

Таким образом, связь виртуальной температуры с действительной выражается зависимостью

$$T_v = \frac{T}{1 - 0{,}378\frac{e}{p}}, \tag{2.8}$$

что позволяет формулу (2.6) написать короче:

$$C = C_0\sqrt{\frac{T_v}{273}}. \tag{2.9}$$

На практике подразделения звуковой разведки виртуальную температуру определяют не по формуле (2.8), а по таблице поправок для определения виртуальной температуры. Таблица составлена при условии, что относительная влажность воздуха равна 50%.

Допустим, действительная наземная температура воздуха, измеренная на метеорологическом посту подразделения звуковой разведки, $t^* = +20°$ С. Согласно таблице поправка для определения виртуальной температуры в этом случае $\Delta T_v = 1{,}3°$ С. Следовательно, виртуальная температура воздуха $t_v = t + \Delta T_v = 20 + 1{,}3 = 21{,}3°$ С.

Из формулы (2.9) нетрудно получить формулу скорости звука. Этой формулой пользуются на практике в подразделении зву-

---

* t — значение температуры, выраженной в градусах Цельсия (° С); T — значение температуры, выраженной в Кельвинах (К).

ковой разведки. Для этого $C_0 = 330{,}8$ м/с для инфразвуковых волн округляют и принимают равной 331 м/с, а вместо T подставляют $273^\circ + t_v$, т. е. переходят от абсолютных температур к температурам по шкале Цельсия:

$$C = C_0 \sqrt{\frac{T_v}{273}} = 331 \sqrt{\frac{273 + t_v}{273}} = 331 \sqrt{1 + \frac{t_v}{273}}.$$

Приближенно извлекают квадратный корень из бинома, представляющего собой сумму единицы и очень малой дроби. Для этого бином приближенно рассматривают как полный квадрат суммы двух чисел, причем первым числом в этой сумме является 1, а вторым — 1/2 часть дроби, т. е. $t_v/(2 \cdot 273)$, таким образом, бином, стоящий под знаком радикала, принимают равным трехчлену:

$$1^2 + 2 \cdot 1 \left(\frac{t_v}{2 \cdot 273}\right) + \left(\frac{t_v}{2 \cdot 273}\right)^2 = \left(1 + \frac{t_v}{546}\right)^2;$$

действительно, подобная замена бинома полным квадратом на практике допустима, так как дает пренебрежимо малую ошибку, равную квадрату второго числа, т. е. $(t_v/546)^2$.

Тогда формула (2.9) принимает совсем простой и удобный вид:

$$C = 331 \sqrt{1 + \frac{t_v}{273}} \approx 331 \left(1 + \frac{t_v}{546}\right) = 331 + \frac{331}{546} t_v,$$

или

$$C = 331 + 0{,}6\, t_v. \qquad (2.10)$$

Таблица скорости звука C (табл. 2.2) составлена на основе формулы (2.10).

Формула (2.10) позволяет определять скорость звука с ошибкой, не превосходящей 0,5 м/с (при температурах от —20 до +30° С).

Из формулы (2.10) следует, что при повышении виртуальной температуры на 1° С скорость звука возрастает на 0,6 м/с.

Дополнительно следует отметить, что с увеличением абсолютной влажности воздуха на 1 мм рт. ст. (при давлении 760 мм рт. ст.) скорость звука увеличивается на 0,07 м/с, а с увеличением барометрического давления на 1 мм рт. ст. при средней абсолютной влажности 6,4 мм скорость уменьшается на 0,0005 м/с.

Таким образом, главным метеорологическим фактором из числа рассмотренных (кроме ветра), влияющим на скорость распространения акустических волн в неподвижной однородной атмосфере, является температура воздуха. Влияние влажности воздуха учитывается в значительной степени с помощью поправки на вир-

Таблица 2.2

Скорость распространения инфразвука C (м/с) в зависимости от виртуальной температуры t_v (° С)

t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C	t_v	C
—40	306,4	—30	312,5	—20	318,6	—10	224,7	+1	331,4	+11	337,5	+21	343,6	+31	349,7	+41	355,8
—39	307,0	—29	313,1	—19	319,2	—9	325,3	+2	332,0	+12	338,1	+22	344,2	+32	350,3	+42	356,4
—38	307,6	—28	313,7	—18	319,8	—8	325,9	+3	332,6	+13	338,7	+23	344,8	+33	350,9	+43	357,0
—37	308,2	—27	314,3	—17	320,4	—7	326,5	+4	333,2	+14	339,3	+24	345,4	+34	351,5	+44	357,6
—36	308,8	—26	314,9	—16	321,0	—6	327,1	+5	333,8	+15	340,0	+25	346,0	+35	352,2	+45	358,2
—35	309,4	—25	315,6	—15	321,6	—5	327,8	+6	334,5	+16	340,6	+26	346,7	+36	352,8	+46	358,9
—34	310,1	—24	316,2	—14	322,3	—4	328,4	+7	335,1	+17	341,2	+27	347,3	+37	353,4	+47	359,5
—33	310,7	—23	316,8	—13	322,9	—3	329,0	+8	335,7	+18	341,8	+28	347,9	+38	354,0	+48	360,1
—32	311,3	—22	317,4	—12	323,5	—2	329,6	+9	336,3	+19	342,4	+29	348,5	+39	354,6	+49	360,7
—31	311,9	—21	318,0	—11	324,1	—1	330,2	+10	336,9	+20	343,0	+30	349,1	+40	355,2	+50	361,3
						0	330,8										

туальную температуру. Влияние барометрического давления ничтожно и не учитывается совсем.

Влияние ветра на скорость распространения звука

В однородной неподвижной среде акустическая волна распространяется с одинаковой скоростью во всех направлениях. Окружности на рис. 2.13, *а* представляют собой проекции на горизонтальную поверхность шести последовательных положений одной и той же акустической волны, возникшей в точке *S*. Проекции имеют вид системы концентрических окружностей с общим центром *S*.

Предположим теперь, что вся эта однородная среда как одно целое перемещается равномерно и прямолинейно в каком-нибудь направлении, т. е. допустим наличие постоянного ветра в этом направлении. Тогда сферическая волна, зародившаяся в той же точке *S*, будет вместе со средой перемещаться, например, вправо (см. рис. 2.13, *б*). При таком переносе средой волна будет расширяться без искажения своей сферической формы (ввиду акустической однородности среды). На рис. 2.13, *б* окружностями изображены проекции на горизонтальную поверхность пяти последовательных положений подобной волны, но относительно неподвижного наблюдателя. По отношению же к перемещающемуся вместе со средой наблюдателю процесс распространения волны будет происходить в соответствии с рис. 2.13, *а*.

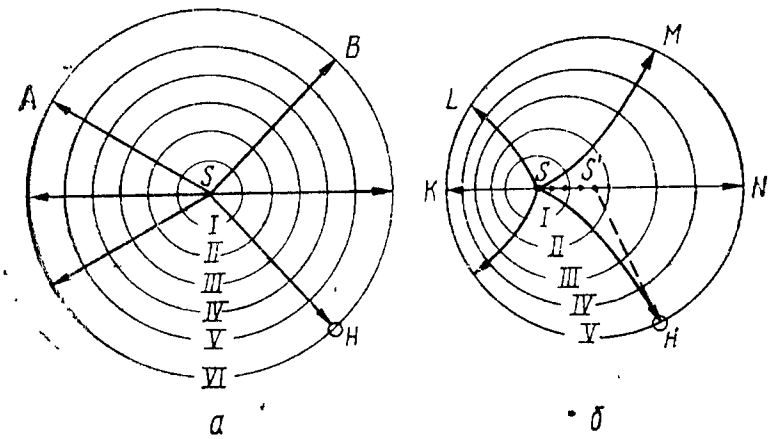


Рис. 2.13. Распространение акустической волны: *а* — в неподвижной однородной среде (по отношению к неподвижному наблюдателю *H*); *б* — в подвижной однородной среде

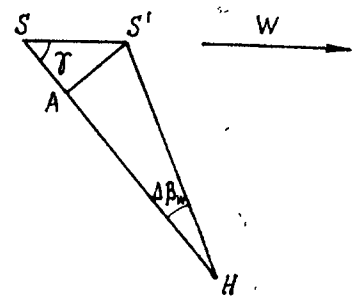


Рис. 2.14. Влияние ветра *W* на величину смещения центра волны

Для звуковой разведки важен случай неподвижного «наблюдателя», роль которого выполняет центр акустической базы.

В отличие от рис. 2.13, *а* центры окружностей на рис. 2.13, *б* не совпадают, а распространяются вдоль прямой линии, направленной в сторону движения среды (центры окружностей I—V показаны точками вдоль отрезка *SS'*).

Так как акустические лучи всегда нормальны к волновым поверхностям, то на рис. 2.13, *а* они прямолинейны, а на

рис. 2.13, *б* — криволинейны. На обоих рисунках точка H — неподвижный наблюдатель, расположенный на земле и обладающий способностью определять направление акустического луча в момент прибытия к нему волны.

Из рисунков видно, что акустическая волна во втором случае доходит до наблюдателя H раньше (за пять равных промежутков времени), чем в первом случае (за 6 таких же промежутков времени). Объясняется это тем, что в случае *б* ветер является в известной степени попутным для волны, распространяющейся к наблюдателю, и, таким образом, увеличивает ее скорость.

В случае *а* акустический луч SH дает наблюдателю H правильное представление о местонахождении источника S. В случае *б* искривленный акустический луч, приходящий в точку H, не дает правильного представления о направлении на источник волны — наблюдателю будет казаться, что волна пришла из точки S' (центра V окружности), а не из точки S.

О величине смещения центра волны судят по величине угла $\Delta\beta_W$ (рис. 2.14). Для получения истинного направления от наблюдателя на источник излучения S надо, следовательно, направление на кажущийся источник S' исправить на величину угла $\Delta\beta_W$. Поэтому $\Delta\beta_W$ и называют угловой поправкой на смещение центра волны.

Формулу для определения величины угловой поправки на смещение можно вывести, рассматривая косоугольный треугольник $SS'H$, изображенный на рис. 2.14 (точки S, S' и H получены путем переноса с рис. 2.13, *б*). Предварительно рассмотрим физический смысл сторон этого треугольника. Сторона SS' характеризует перемещение среды. Она представляет собой путь, пройденный за некоторое время t центром сферы — поверхности волны. Так как скорость перемещения этого центра сохранялась неизменной и равной скорости W ветра, $SS' = Wt$.

Допустим, что перенос центра сферы S в S' происходил без распространения волны в среде. Предположим, что когда центр сферы достиг точки S', среда перестала перемещаться, а волна, наоборот, только начала расширяться во все стороны со скоростью C (как в случае распространения в неподвижной среде). Тогда сторона $S'H$ представляла бы собой путь, пройденный равномерно перемещавшейся волной за то же время t, и была бы равна $S'H = Ct$.

Но в действительности перенос центра сферы средой и распространение волны в среде происходят одновременно. Энергия акустической волны будет перенесена волной из S в H по траектории искривленного луча SH (см. рис. 2.13, *б*). Поэтому сторону SH треугольника (см. рис. 2.14) нельзя рассматривать, как путь, фактически проделанный волной при ее движении от S к H. Данная сторона имеет фиктивный смысл и представляет собой тот путь, который был бы пройден волной за время t, если бы волна на всем протяжении от S до H имела некоторую постоянную по направлению и величине скорость C (чего на самом деле нет). В действи-

тельности скорость волны при переходе от одной точки искривленного луча SH до другой непрерывно изменяется по направлению и по величине (на рис. 2.13 и 2.14 она уменьшается). Таким образом, полагая сторону $SH = C_W t$, мы под C_W понимаем среднюю скорость распространения акустической волны при постоянном ветре на рассматриваемом участке от источника S до наблюдателя H.

На основании теоремы синусов можем написать:

$(\sin \Delta\beta_W)/SS' = (\sin \gamma)/S'H$ или $\sin \Delta\beta_W = (SS' \sin \gamma)/S'H$.

Подставив в формулу значения сторон $SS' = Wt$ и $S'H = Ct$, получаем:

$$\sin \Delta\beta_W = (Wt/Ct) \sin \beta \text{ или } \sin \Delta\beta_W = (W/C) \sin \gamma. \quad (2.11)$$

Из полученной формулы следует, что в реальной среде при ветре W, т. е. при постоянном значении отношения, $\sin \Delta\beta_W$ прямо пропорционален $\sin \gamma$. Это означает, в частности, что, если $\gamma = 0$ (ветер дует от цели на наблюдателя), $\Delta\beta_W = 0$ (смещения центра волны нет). Смещение C отсутствует еще и в том случае, когда $\gamma = 180°$ (наблюдатель находится на линии SS'), но ветер дует в направлении цели. Действительно, в этом случае $\sin 180° = 0$, отсюда $\Delta\beta_W = 0$.

Максимальное значение смещения будет наблюдаться тогда, когда $\gamma = 90$ или $270°$ (т. е. тогда, когда направление ветра перпендикулярно акустическому лучу, приходящему к наблюдателю). Направления смещений при указанных углах противоположны. Из этой же формулы (2.11) следует, что при неизменном расположении наблюдателя и источника звука явление смещения усиливается вместе с усилением ветра W. При безветрии ($W = 0$) смещение отсутствует.

Явление смещения центра волны является результатом воздействия ветра на направление распространения акустических волн.

Однако ветер оказывает влияние и на скорость C распространения этих волн.

На рис. 2.14 из точки S' опустим перпендикуляр на отрезок SH и получим

$$SH = SA + AH.$$

Из прямоугольного треугольника $SS'A$ находим значение первого слагаемого этой суммы: $SA = SS' \cos \gamma$.

Таким же образом из треугольника $S'AH$ получаем значение второго слагаемого:

$$AH = S'H \cos \Delta\beta_W.$$

Подставив найденные значения SA и AH в формулу, получим

$$SH = SS' \cos \gamma + S'H \cos \Delta\beta_W.$$

Так как $SS' = Wt$, $S'H = Ct$, $SH = C_W t$, последнюю формулу можно переписать следующим образом:

$$C_W t = Wt \cos \gamma + Ct \cos \Delta\beta_W,$$

а после сокращения на t она будет иметь следующий вид:

$$C_W = W\cos\gamma + C\cos\Delta\beta_W.$$

Так как угол $\Delta\beta$ очень мал, $\cos\Delta\beta_W$ можно принять равным 1. Тогда формула принимает окончательный вид:

$$C_W = C + W\cos\gamma. \qquad (2.12)$$

Формула (2.12) устанавливает зависимость скорости распространения акустических волн в однородной атмосфере от скорости W и направления ветра γ. Так как значение угла γ в разных точках акустического поля различно (см. рис. 2.13, *б*), то, несмотря на однородность во всех других отношениях, среду при наличии ветра нельзя уже считать акустически однородной. Скорость C_W распространения волны неодинакова в разных направлениях. Например, из рисунка видно, что длины акустических лучей SK, SL, SM и SN различны. Наибольшее значение C_W наблюдается по направлению SN ($\gamma = 0$; $C_W = C + W$), наименьшее — по направлению SK ($\gamma = 180°$; $C_W = C - W$).

При рассмотрении влияния ветра на направление и величину скорости распространения акустических волн мы исходили из того, что ветер постоянен по направлению и скорости и что среда однородна в отношении температуры, давления и влажности. В действительности направление и скорость ветра непостоянны. Ветер в реальной атмосфере непрерывно изменяется как по скорости (порывистость ветра), так и по направлению (неустойчивость ветра). При этом отмечено, что чем больше скорость ветра, тем больше амплитуда колебаний значений действительного ветра.

Порывистость и неустойчивость ветра приводят к тому, что, во-первых, результаты метеорологических наблюдений за ветром всегда носят осредненный характер и, во-вторых, эти осредненные значения ветра никогда не будут совпадать точно с тем средним ветром, который наблюдается при распространении акустических волн.

Кроме того, реальная атмосфера никогда не бывает совершенно однородной в отношении температуры, давления и влажности. В следующих подразделах рассмотрены условия распространения акустических волн в некоторых случаях неоднородной атмосферы.

2.2. Распространение акустических волн в атмосфере

Поглощение (абсорбция) акустических волн

Распространение акустических волн в материальной среде неизбежно сопровождается постепенным затуханием колебаний, переносимых средой, т. е. ослаблением интенсивности волн.

У сферических волн подобное убывание интенсивности происходит под влиянием двух причин. Одной причиной является непрерывное увеличение волновой поверхности и, следовательно, увеличение количества частиц среды, одновременно приводимых

волной в колебания. Наблюдающееся при этом распределение мощности P волны на последовательно увеличивающуюся волновую поверхность вызывает уменьшение интенсивности I в соответствии с формулой (2.4).

Вторая причина убывания интенсивности волн носит чисто физический характер. Это так называемая абсорбция акустических волн, или поглощение энергии волн самой средой.

В процессе абсорбции энергия акустических колебаний переходит в другие виды энергии (главным образом в тепловую). Последнее означает, что колебания частиц воздуха по мере своего распространения постепенно теряют продольный характер и становятся все более нестройными, беспорядочными и различно направленными.

Подобное нарушение стойкости колебаний частиц воздуха происходит в результате вязкости среды, теплопроводности и теплоизлучения, присутствия в атмосфере частиц — примесей неорганического и органического происхождения и других причин.

Абсорбция акустических волн зависит не только от физического состояния атмосферы, но и от частоты распространяющихся колебаний. Установлено, что на величину абсорбции влияют частота колебаний, температура и влажность воздуха, влагосодержание в тумане, размеры водяных капель и механические примеси в атмосфере.

Абсорбция акустических волн ослабевает при уменьшении частоты колебаний, повышении температуры воздуха, увеличении относительной влажности и уменьшении запыленности атмосферы механическими примесями.

Абсорбция атмосферой звуковых волн средней и низкой частоты, тем более инфразвуковых, незначительна. Абсорбция звуковых волн средней частоты может дать практически заметные результаты лишь на больших расстояниях от источника излучения. У звуковых волн высокой частоты абсорбция принимает более заметное значение. Особенно велика абсорбция ультразвуковых колебаний.

Точно так же абсорбция велика при распространении волн с чрезмерно большими амплитудами (ударные волны), когда крупные нагромождения областей сжатия воздуха приводят к быстрому превращению поступательных движений частиц воздуха в беспорядочные тепловые колебания.

Если акустические волны при своем распространении встречают твердую или жидкую преграду (стену здания, поверхность земли, водную поверхность, слой облаков, мембрану звукоприемника и т. д.), часть акустической энергии всегда абсорбируется подобной преградой в большей или меньшей степени.

Распадение (дисперсия) акустических волн

Ранее было отмечено, что скорость распространения акустических волн (особенно в области низких частот) находится в зависимости от частоты колебаний распространяющихся волн.

Допустим, что источник излучения посылает в среду группу синусоидальных волн, скорости которых заметно отличаются одна от другой вследствие различия в частоте колебаний. В таком случае в среде будет наблюдаться непрерывное отставание более медленных волн от более быстрых и распадение (разложение) сложной волны на ряд простых синусоидальных волн.

Подобное явление распадения сложной акустической волны на отдельные синусоидальные волны называется дисперсией.

Таким образом, в основе явления дисперсии акустических волн лежит зависимость скорости этих волн от частоты колебаний.

В случае распространения в атмосфере групп, состоящих только из звуковых волн, дисперсии обнаружить не удалось (скорости таких волн почти одинаковы). Дисперсию акустических волн в атмосфере можно наблюдать в том случае, когда в состав сложной акустической волны входят волны с заметно отличающимися скоростями (например, инфразвуковые и звуковые). Подобный случай может иметь место при звуке выстрела из орудия. Записи такого звука, производимые звукометрической аппаратурой, позволяют иногда достаточно отчетливо наблюдать явление дисперсии.

Принцип Гюйгенса

В основе физических законов распространения акустических волн лежит важнейшее положение волновой теории, установленное Х. Гюйгенсом и получившее название принципа Гюйгенса.

Принцип Гюйгенса можно пояснить в наглядной форме на примере распространения водяных волн. В большой плоский сосуд AB нальем воду (на рис. 2.15 сосуд изображен сверху). Падением водяной капли на спокойную поверхность воды вызовем колебания в точке O_1. Мы увидим расходящуюся из точки O_1 кольцевую водяную волну. Поставим теперь на пути волны в каком-нибудь месте сосуда перегородку CD с узкой вертикальной щелью O_2 и снова вызовем на поверхности воды кольцевую волну. Мы заметим, что волна KK, проникнув сквозь щель перегородки, примет через некоторое время форму nn, т. е. своим центром будет иметь не точку O_1 (как было до прохождения перегородки), а точку O_2 (щель). Точка O_2 станет, таким образом, центром новой, так называемой вторичной (элементарной) волны nn. Центром подобной вторичной волны можно сделать любую точку поверхности воды, придавая перегородке соответствующие положения.

На основании результатов опыта можно сделать следующий вывод: любая частица среды, когда до нее доходят колебания, становится самостоятельным источником возникновения вторичных элементарных волн. В этом и заключается сущность принципа Гюйгенса.

Следует заметить, что образование вторичных волн в описанном опыте не связано с существованием перегородки. Вторичные

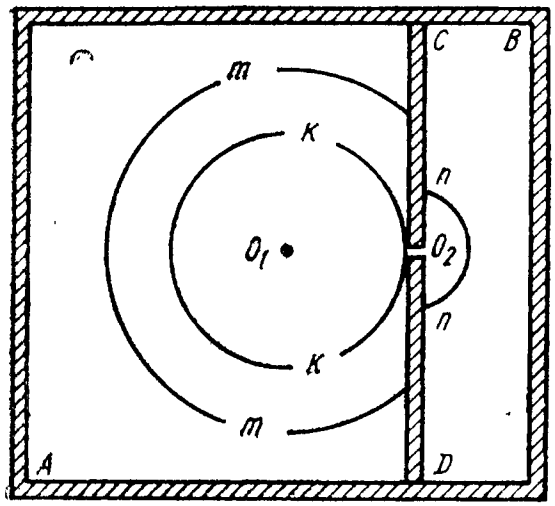


Рис. 2.15. Пояснение принципа Гюйгенса

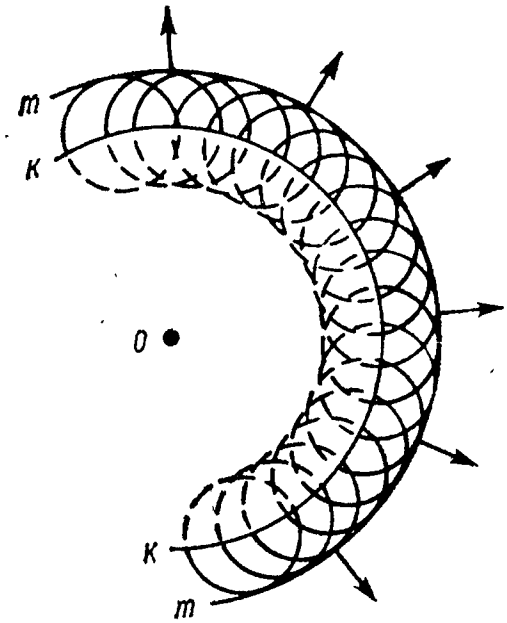


Рис. 2.16. Сложение вторичных волн

волны возникают в каждой точке распространяющейся волны всегда, даже тогда, когда нет никакой перегородки. Перегородка применялась во время опыта только для того, чтобы путем экранирования устранить влияние на волну *nn* других вторичных волн, возникающих согласно принципу Гюйгенса в каждой точке кольцевой волны *KK*. Действительно, предположим, что перегородка отсутствует (см. рис. 2.16). Пусть *KK* — положение волновой поверхности в некоторый момент времени. Согласно принципу Гюйгенса любую точку дуги *KK* мы можем и должны рассматривать как центр образования вторичной волны. Дадим таким бесчисленным вторичным волнам возможность некоторое время распространяться в среде. За этот промежуток времени поверхности вторичных волн приобретут размеры, показанные на рис. 2.16. Общая касательная *mm* ко всем поверхностям вторичных волн явится результатом их сложения и последующим положением распространяющейся волны *KK*. Так как колебания частиц назад не распространяются, при построении дуги *mm* можно ограничиться полуокружностями, обращенными вперед.

По тому же принципу образуется каждая последующая сферическая волна в процессе распространения акустических волн в атмосфере.

Отражение акустических волн

Отражение акустических лучей* от поверхности *MN* раздела двух сред (рис. 2.17) подчиняется следующим двум законам, известным из оптики:

* Направления, по которым происходит распространение акустических волн, называются звуковыми лучами.

угол падения i_1 луча равен углу отражения i_2 (на рисунке KO — перпендикуляр к плоскости);

оба угла лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным из точки падения луча.

Принцип Гюйгенса позволяет не только объяснить явление отражения волн, но и обосновать законы отражения.

Если отражающая поверхность меньше длины падающей волны или имеет неровности и шероховатости, незначительные по сравнению с длиной волны, то правильного отражения не наблюдается — падающая плоская волна в этом случае отражается в различных направлениях (рассеивается).

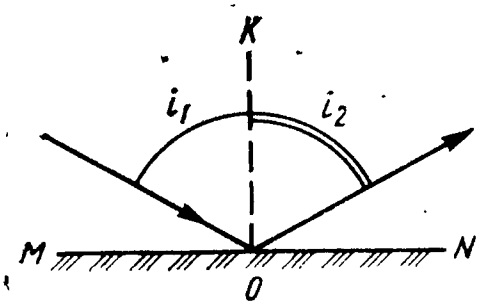


Рис. 2.17. Отражение акустических лучей

Преломление (рефракция) акустических волн

Акустический луч, падая на поверхность MN (рис. 2.18) границы двух акустических прозрачных сред I и II, не только отражается от нее, но может частично и проникать в среду II. Переход луча в среду II почти всегда сопровождается явлением преломления луча (за исключением случая, когда направление падающего луча совпадает с направлением перпендикуляра KL к плоскости раздела MN). Преломление волны заключается в изменении ее направления вследствие изменения скорости распространения. Преломление акустических лучей происходит по следующим законам, аналогичным законам преломления световых лучей:

отношение синуса угла падения i луча к синусу угла преломления r есть величина, постоянная для данных двух сред:

$$\sin i/\sin r = \text{const};$$

угол падения i и угол преломления r луча лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным из точки падения луча.

Постоянная величина n носит название показателя или коэффициента акустического преломления среды II (по отношению к среде I):

$$n = C_1/C_2,$$

где C_1 — скорость распространения звуковых волн в среде, из которой выходят звуковые лучи;

C_2 — скорость распространения звуковых волн в среде, в которую проникают звуковые лучи.

Полное внутреннее отражение акустических волн

Переход акустических волн в среду, акустически менее плотную ($n<1$), при известных условиях может сопровождаться так называемым явлением полного внутреннего отражения.

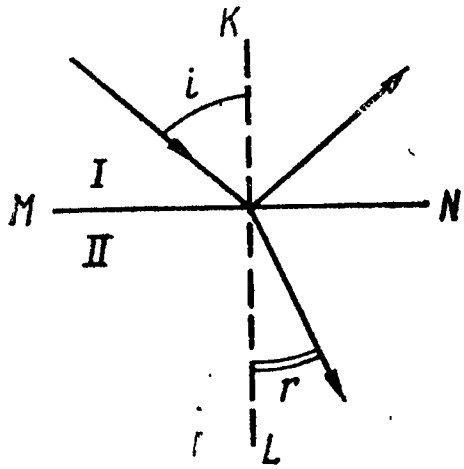


Рис. 2.18. Преломление акустических лучей

На рис. 2.19 S — некоторый источник акустических волн, расположенный в среде I, в которой скорость распространения волн — C_1. Акустические лучи, распространяющиеся вверх, встречают на своем пути поверхность MN, являющуюся границей раздела двух сред I и II. Пусть скорость C_2 данных волн в среде II больше, чем в среде I ($C_2>C_1$). Тогда переход лучей в среду II (например, луча *2*) будет сопровождаться преломлением по закону

$$\sin i/\sin r=n,\ n=C_1/C_2,$$

причем $n<1$, так как $C_1<C_2$. Следовательно, в рассматриваемом случае преломления $r>i$ и лучи, поступающие в среду II, в результате преломления отклоняются от нормали к поверхности раздела MN (лучи *2*, *3* и *6*). Отсюда следует, что угол i будет постепенно увеличиваться до некоторого угла i_0, при котором r будет равен 90° ($\sin r=1{,}0$).

Подобный луч, очевидно, не сможет проникнуть в среду II — он будет скользить вдоль плоскости раздела MN. Всякий же луч (например, луч *5*), падающий под углом, большим i_0, будет отражаться от поверхности раздела по обычным законам отражения. Такое отражение носит название полного внутреннего отражения. Угол падения i_0 называется предельным углом полного внутреннего отражения, а соответствующий ему луч (на рис. луч *4*) — предельным лучом. Луч *4* будет образовывать коническую поверхность с вершиной в точке S, расположенную в среде I и являющуюся геометрическим местом предельных падающих лучей. Она разграничивает, таким образом, две области: область лучей, испытывающих преломление, и область лучей, в которой происходит полное внутреннее отражение.

Можно сказать, что явление полного внутреннего отражения наблюдается при соблюдении двух условий: во-первых, среда, находящаяся за отражающей поверхностью раздела, должна быть акустически менее плотной, во-вторых, угол падения луча должен быть больше предельного угла полного внутреннего отражения. При переходе же луча из среды акустически менее плотной в среду с большей акустической плотностью (см. рис. 2.18) явление

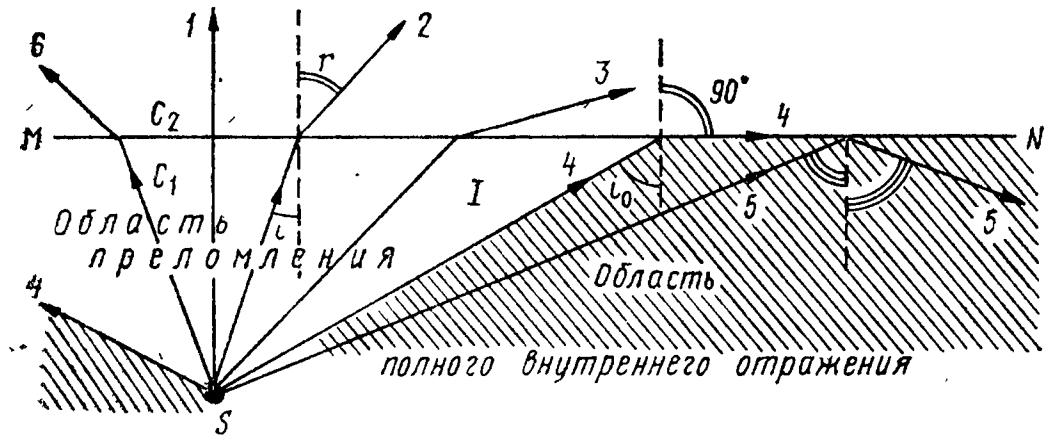


Рис. 2.19. Полное внутреннее отражение

полного внутреннего отражения не может иметь места ни при каких углах падения. Обычно при встрече с преградой часть акустической энергии отражается, часть преломляется (если размеры преграды не слишком малы по сравнению с длиной падающих волн), в противном случае наблюдается явление дифракции (описываемое далее). Значение угла i_0 можно определить из формулы 1-го закона преломления.

Зная, что $\sin r = 1$, получим $\sin i_0 = n$, где $n = C_1/C_2$.

Из-за различий в физическом состоянии в вертикальном, а нередко и в горизонтальном направлении реальная атмосфера всегда более или менее неоднородна в акустическом отношении и в различных частях имеет различную акустическую прозрачность и акустическую плотность. В результате этого распространение акустических волн в реальной атмосфере всегда сопровождается явлениями отражения, преломления и полного внутреннего отражения. Вопрос о слышимости звуков выстрелов стоит в тесной связи с явлениями преломления и полного внутреннего отражения звуков в атмосфере.

Сложение (интерференция) акустических волн

При подходе к какой-либо частице среды двух или нескольких волн эта частица вынуждена совершать сложные колебания, являющиеся геометрической суммой отдельных складывающихся колебаний, присущих каждой волне. Важным частным случаем сложения волн является интерференция волн.

Интерференцией называется такое явление, когда в результате

сложения двух или нескольких систем волн, приходящих в какую-либо точку среды одновременно, в этой точке наблюдается или усиление, или ослабление результирующих колебаний.

Интерферировать, т. е. усиливаться или ослабляться при сложении, могут волны любой природы (водяные, акустические, световые и др.).

Если ронять с равными интервалами времени на спокойную поверхность воды одновременно в двух местах A и B (рис. 2.20) водяные капли одинаковой массы, точки A и B явятся центрами двух систем расходящихся кольцевых водяных волн, равных по длине. Каждая волна будет состоять из гребня и впадины. На рисунке показаны схематически не волны, а лучи — направления распространения волн к двум точкам D и C, взятым на поверхности воды. Равными короткими отрезками r, расположенными вдоль этих лучей, условно обозначены гребни волн, а точками — впадины.

Так как обе системы водяных волн исходят из точек A и B, не меняющих своего положения, и распространяются в одной и той же среде с одинаковой частотой, в близлежащих точках водной поверхности будет наблюдаться интерференция волн, носящая постоянный, не меняющийся характер. Рис. 2.20 фиксирует тот момент времени, когда в точку C из точек A и B одновременно приходят гребни r, а в точку D — гребень из точки B и впадина из точки A. В следующий момент времени (через полпериода) в точку C будут приходить одновременно две впадины, а в точку D — впадина из точки B и гребень из точки A.

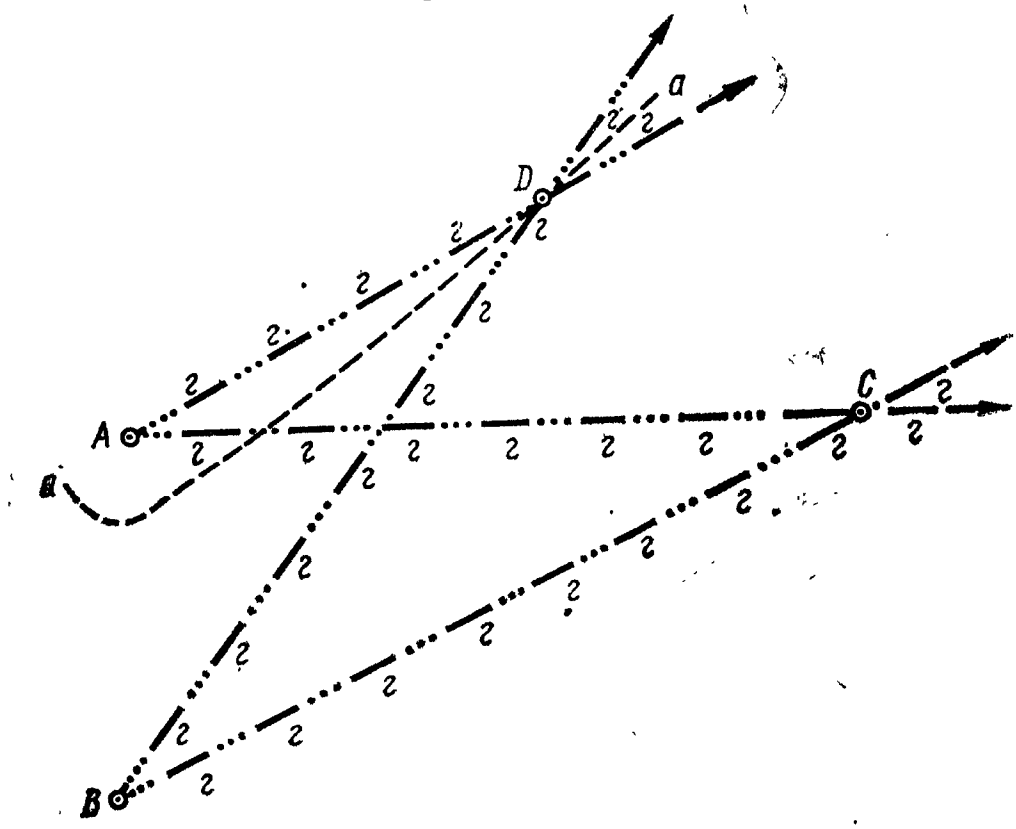


Рис. 2.20. Схема интерференции волн

Таким образом, в точке C разность фаз обоих колебаний все время равна нулю, а в точке D — 180°. В результате указанных постоянных разностей фаз в точке C будет наблюдаться усиление колебаний, а в точке D — ослабление. Максимальное усиление колебаний будет наблюдаться в таких точках среды, для которых разность хода $(BC - AC)$ лучей равна целому числу волн или, что то же самое, четному числу полуволн. Наоборот, в тех точках среды, для которых разность хода $(BD - AD)$ лучей равна нечетному числу полуволн, будет происходить максимальное ослабление или даже полное исчезновение колебаний.

Явление интерференции наблюдается и при одном источнике колебаний, если первичная система волн встречается при своем распространении со вторичной системой, полученной путем отражения от преграды.

При небольшой разности частот двух складывающихся систем волн интерференция приводит к явлению биений.

Явление интерференции акустических волн может вызывать искажения в определении моментов приема звука выстрела звукометрической аппаратурой. Например, это может произойти в случае, когда к звукоприемнику кроме непосредственной волны от орудия (первичной) подойдет еще волна, отраженная (вторичная) от какой-либо преграды (стены здания, крутого обрыва и т. п.).

Нарушение прямолинейного характера распространения акустических волн (дифракция и диффузия)

До сих пор считалось, что распространение акустического луча в однородной среде происходит всегда прямолинейно. Однако, если акустическая волна встречает на своем пути непрозрачное для себя препятствие определенных размеров, у границ этого препятствия наблюдается явление нарушения прямолинейного характера распространения акустических лучей, называемое дифракцией.

Если бы звуковые лучи распространялись всегда прямолинейно, то нельзя было бы объяснить всем известное явление огибания звуковыми волнами угла здания, отдельно стоящего на открытой местности (слышимость звуков за углом здания, расположенного в группе других построек, объясняется не только дифракцией звука, но и отражением от стен противоположных домов).

Явление дифракции свойственно волнам любой природы. Например, морская волна, обойдя небольшую скалу, снова смыкается за нею и распространяется дальше с сохранением своей прежней формы.

Явление дифракции волн может быть объяснено на основе принципа Гюйгенса. Однако размеры преграды, удаление от нее определяют возможность передачи колебаний за преграду.

Размещение звукоприемника на обратном и крутом скате какой-нибудь складки местности или за другой крупной преградой

(высокий лес, большое здание и т. п.), превосходящей по размерам длину инфразвуковых волн (20—30 м), может привести к тому, что звукоприемник окажется расположенным в области акустической тени. Полезная информация получена не будет. Подобное неудачное размещение звукоприемника может резко исказить величину зафиксированного времени приема сигнала, если к звукоприемнику, находящемуся в акустической тени, вместо «прямой» волны от орудия противника подойдет запоздавшая волна, отраженная от какой-либо удаленной преграды, находящейся сбоку или сзади от звукоприемника. Чем меньше разница между поперечными размерами встречающегося волнам препятствия и длиной этих волн, тем явление дифракции (огибания) наблюдается резче. При примерном равенстве этих размеров акустические волны проникают во всю область геометрической тени и распространяются дальше, не подвергаясь искажениям. Вследствие этого мелкий кустарник, отдельные небольшие рощи, мелкие строения и отдельные деревья не являются преградой для длинных инфразвуковых волн, порождаемых выстрелом орудия или разрывом снаряда, и не отражаются на форме распространяющихся волн и на работе звукоприемника. Если размеры преграды очень малы по сравнению с длиной падающих на нее волн, явление дифракции превращается в явление рассеивания волн (явление диффузии) и подобная малая преграда становится источником сферических волн, расходящихся во все стороны. Рассеиваемые при этом волны имеют небольшую интенсивность, убывающую вместе с уменьшением размеров преграды.

Характеристика приземного слоя атмосферы

Распространение акустических волн, регистрируемых звуковой разведкой, обычно происходит в пределах нижнего слоя тропосферы, не превышающего высоты 800—1000 м от земли. Поэтому для лучшего понимания условий распространения звуков выстрелов и разрывов снарядов ознакомимся сначала с физическим состоянием указанного слоя, для краткости называемого в дальнейшем километровым слоем.

Километровый слой своим физическим состоянием значительно отличается от остальных, более высоких слоев атмосферы. Причиной этого являются его небольшая толщина и расположение у земной (подстилающей) поверхности. Близость к подстилающей поверхности ставит физическое состояние километрового слоя в тесную зависимость от температуры земной поверхности.

При описании физического состояния километрового слоя ограничимся рассмотрением только тех элементов этого состояния, которые оказывают влияние на распространение акустических волн.

Распределение температуры воздуха по высоте. Основным источником нагревания и охлаждения нижних слоев атмосферы является земная поверхность. Наиболее интенсивное тепловое

воздействие подстилающей поверхности на состояние атмосферы наблюдается в пределах километрового слоя, так как это высота, до которой распространяются летом суточные колебания температуры воздуха.

Годовые колебания температуры простираются выше, до верхней границы тропосферы (10—11 км в наших широтах).

Нормальной наиболее часто наблюдающейся картиной распределения температуры воздуха по вертикали является понижение температуры в атмосфере по мере удаления от земной поверхности. Степень понижения температуры с возрастанием высоты принято оценивать вертикальным градиентом температуры γ.

Вертикальным градиентом температуры называют ту разность температур, на которую понижается температура воздуха при подъеме на 100 м, т. е. на 1 гм.

Из данного определения вытекает, что положительное значение градиента ($\gamma>0$) соответствует понижению температуры с высотой, отрицательное ($\gamma<0$) — повышению. Нормальным является, как отмечалось, положительное значение градиента, но нередки случаи, когда он принимает отрицательные значения, т. е. когда температура воздуха атмосферы повышается с высотой. Подобное явление носит название температурной инверсии.

Иногда в отдельных ограниченных слоях атмосферы наблюдается явление изотермии ($\gamma=0$).

Величина и знак вертикального градиента температуры оказывают большое влияние на вид траектории акустического луча, т. е. на условия слышимости звуков в атмосфере.

Значение вертикального температурного градиента, отнесенного к определенной высоте расположения слоя над землей, колеблется в зависимости от погоды, времени года и суток. Кроме того, в один и тот же момент времени на разных высотах обычно наблюдаются различные по величине (и даже по знаку) градиенты.

В ясные летние дни вертикальный градиент температуры положителен и велик, достигает нередко в нижнем 500-метровом слое величины в +1 градус на 1 гм.

В летние безоблачные ночи земля, излучая тепло в верхние слои атмосферы, охлаждается, и в приземном слое воздуха часто возникает невысокая инверсия, способствующая работе звуковой разведки.

Зимой вертикальный температурный градиент имеет обычно меньшую величину, чем летом, приобретая часто, например в сильные морозы при безоблачном небе, отрицательный знак («зимняя» инверсия). Зимние инверсии бывают мощными, продолжительными (несколько суток) и достигают высоты 1—1,5 км от земли. В нижней половине километрового слоя наблюдаются еще «весенние» («снежные») инверсии, образующиеся во время таяния снега. Весенняя инверсия распространяется до высоты в несколько сот метров от земли и не носит резкого характера.

Не всегда слой, в котором наблюдается инверсия, начинается у поверхности земли. Иногда нижняя граница располагается в более высоких слоях атмосферы. В таких случаях очень часто непосредственно под слоем инверсии или изотермии образуются волнистые облака, распространяющиеся в горизонтальной плоскости на большие расстояния и состоящие из отдельных образований (валов, волн, плиток и т. п.). Толщина по вертикали подобных волнистых облаков обычно мала (несколько десятков метров). Наличие волнистых облаков может служить верным указанием на существование в атмосфере инверсии или изотермии. Волнистые облака в пределах километрового слоя наблюдаются в виде слоисто-кучевых и слоистых облаков, иногда выделяющих мелкие осадки (морось).

Таким образом, в результате ознакомления с видами приземных инверсий можно сделать вывод, что наиболее богатым инверсиями слоем атмосферы является километровый слой (особенно в зимнее время), что подчеркивает необходимость использования в подразделениях звуковой разведки метеорологического бюллетеня с информацией о распределении температуры воздуха до высоты 800—1200 м.

Распределение ветра по высоте. Систематические наблюдения за ветром на разных высотах показывают, что обычно с увеличением высоты скорость ветра тоже возрастает, а по направлению в Северном полушарии он поворачивается вправо (по ходу движения часовой стрелки). Резкое изменение направления ветра наблюдается в самом нижнем слое атмосферы, ограниченном подстилающей поверхностью и высотой в 500—800 м.

На условия слышимости звуков в атмосфере больше влияет не значение самой скорости ветра, а изменение его скорости с высотой.

Наибольшее нарастание скорости ветра происходит в пределах нижнего слоя воздуха (100—600 м).

Ветер не всегда возрастает с высотой. Например, в утренние часы, особенно зимой, нередки случаи, когда скорость ветра начиная с 300—500 м уменьшается с высотой. При наличии у земли местного ветра (морского бриза, берегового ветра и т. п.), имеющего направление, противоположное направлению движения более высоких слоев атмосферы, наблюдается ослабление этого местного ветра с высотой, заканчивающееся на некотором удалении от поверхности земли сменой направления.

Турбулентность атмосферы. При малых скоростях ветра частицы воздуха проходят пути, которые с известным приближением можно считать параллельными. Такое движение воздуха называют ламинарным. Но при некотором критическом значении скорости ветра (около 4 м/с) параллельные траектории движения частиц воздуха резко нарушаются, превращаясь в вихреобразные. Расположение, размеры и направления воздушных вихрей делаются самыми разнообразными, беспорядочными и непрерывно изменяются. Подобное завихренное состояние атмосферы называ-

ют турбулентным. Турбулентность атмосферы и вызываемые ею порывистость и неустойчивость ветра искажают форму акустической волны и тем увеличивают ошибку при засечке источника этой волны.

Неровности земной поверхности, лес, строения при ветре являются дополнительной причиной турбулентного состояния приземного слоя атмосферы.

Строения, лес, овраги, лощины вносят вблизи себя большие изменения в направление и скорость ветра в приземном слое. Например, влияние отдельных строений на ветер ощущается с заветренной стороны (позади построек) на расстоянии, превышающем высоту строения в 30 раз. Густой высокий лес искажает ветер с заветренной стороны на расстоянии, в 50 раз превосходящем высоту леса, с наветренной стороны — на расстояниях до 50 м от опушки.

Неоднородность атмосферы. Физическое состояние километрового слоя находится в тесной зависимости от степени разнообразия температур отдельных участков подстилающей поверхности. Подстилающая поверхность обычно неоднородна по характеру своего покрова (травяной покров, водные поверхности, песчаные участки, пашня, леса и пр.).

Подобные неоднородные участки, обладая различными теплоемкостями, теплопроводностями, лучепоглощающей и лучеиспускающей способностями, нагреваются солнечными лучами до различных температур и в ночное время охлаждаются тоже неравномерно. Наличие днем на чистом небе отдельных плотных облаков (например, кучевых) также усиливает разнообразие температур на земле. Особенно большое разнообразие температур на земной поверхности наблюдается в солнечные дни летом, когда велики и интенсивность, и продолжительность действия солнечных лучей.

Сплошная облачность, снеговой покров, сильный наземный ветер способствуют выравниванию температур подстилающей поверхности.

Разнообразие температур отдельных участков подстилающей поверхности приводит к неравномерному прогреванию (от земли) воздуха в приземном слое атмосферы и делает километровый слой неоднородным не только в отношении температуры, но и в отношении плотности, влажности, распределения ветра и других метеорологических элементов. Неоднородная атмосфера не представляет собой единую среду, одинаковую по своему физическому состоянию. Она разбита на множество отдельных перемещающихся объемов воздуха большей или меньшей величины, отличающихся один от другого физическим состоянием, а следовательно, и акустической прозрачностью. Например, в солнечный летний день воздух, непосредственно расположенный над песчаным берегом озера, суше и теплее, чем воздух, находящийся над озером. Как более легкий он поднимается вверх и уступает место более холод-

ному и влажному озерному воздуху, перемещение которого создает местный ветер, называющийся береговым. Над озером же будет происходить опускание воздушных масс из более высоких областей атмосферы. Ночью в летнее время картина меняется на противоположную. Таким образом, неравномерность в распределении температур вдоль подстилающей поверхности не только создает неоднородность физического состояния воздуха, но и является причиной возникновения конвекционных вертикальных потоков воздуха восходящих и нисходящих, еще более усиливающих завихренность атмосферы. Интенсивность вертикальных потоков стоит в прямой зависимости от вертикального температурного градиента, она растет вместе с увеличением положительного значения градиента. Вертикальные воздушные потоки летом сильнее, чем зимой, а в солнечный день сильнее, чем ночью. Слой инверсии, обладающий отрицательными температурными градиентами, задерживает вертикальные перемещения воздуха в нижележащем слое воздуха, чем объясняется отмеченное выше горизонтальное распределение волнистых облаков.

Наибольшее количество вертикальных потоков воздуха приходится на нижний слой атмосферы высотой до 1500 м от земли. Обычно скорость этих потоков не превышает 1,5 м/с. В летний солнечный день между 12 и 15 часами она достигает значения 4 м/с, а в предгрозовое состояние атмосферы может принять исключительную величину 8 м/с.

Преломление акустических лучей под влиянием вертикального градиента температуры (температурное преломление)

Основной причиной преломления лучей является различие скоростей распространения акустических волн в граничащих средах. В то же время известно, что основными факторами, влияющими на скорость распространения акустических волн в атмосфере, служат температура воздуха и ветер. Следовательно, постепенное изменение этих факторов с высотой должно приводить к явлению непрерывного преломления акустических лучей в атмосфере.

Преломление акустических лучей под влиянием изменяющегося по высоте ветра будет изложено несколько дальше. Сейчас же мы будем считать атмосферу неподвижной и ограничимся рассмотрением рефракции (преломления) акустических лучей, происходящей вследствие изменения температуры воздуха с высотой (температурной рефракцией).

Рассмотрим два смежных горизонтальных слоя атмосферы с различными температурами (рис. 2.21). Пусть в слое I температура воздуха T_1 и скорость распространения волн C_1, а в слое II соответственно T_2 и C_2. Тогда скорости распространения одних и тех же акустических волн в обеих средах на основании формулы (2.9) будут выражены равенствами:

$$C_1 = C_0\sqrt{\frac{T_1}{273}} \text{ и } C_2 = C_0\sqrt{\frac{T_2}{273}},$$

а показатель акустического преломления второй среды по отношению к первой

$$n = \frac{C_1}{C_2} = \frac{C_0\sqrt{\frac{T_1}{273}}}{C_0\sqrt{\frac{T_2}{273}}} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}.$$

В таком случае уравнение (2.12) примет вид:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}. \qquad (2.13)$$

Отсюда видно, что направление отклонения преломленного луча, определяемое сравнительной величиной углов i и r, зависит от того, какая температура выше — T_1 или T_2, т. е. от знака вертикального градиента температуры.

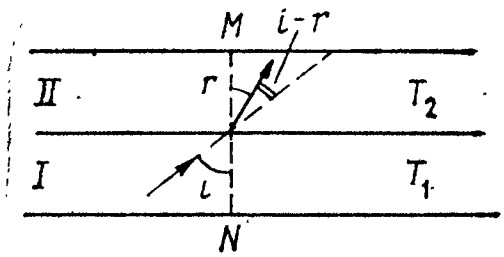


Рис. 2.21. Преломление луча на границе двух слоев атмосферы с различной температурой

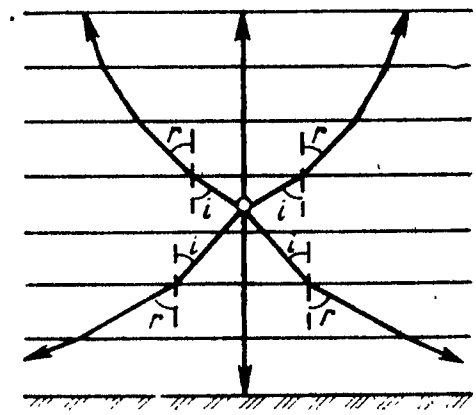


Рис. 2.22. Ломаный характер лучей при скачкообразном изменении температуры в слоях атмосферы

Рассмотрим возможные виды траекторий акустического луча в атмосфере в зависимости от распределения вертикального градиента температуры при условии, что воздух неподвижен и однороден по составу.

Рассматриваемую область атмосферы будем представлять рассеченной большим числом горизонтальных плоскостей на слои воздуха одинаковой толщины (рис. 2.22), при этом физическое состояние каждого отдельного слоя будем считать одинаковым во всех частях.

Случай 1. Температура воздуха во всех слоях одинакова (случай изотермии, $\gamma = 0$). При указанном условии правая часть уравнения (2.13) становится равной единице.

Вытекающее отсюда равенство углов i и r означает отсутствие явления преломления и определяет прямолинейный характер распространения акустических лучей.

Случай 2. Температура воздуха начиная от земли непрерывно понижается с высотой ($\gamma>0$). Допустим сначала, что понижение температуры с высотой происходит скачкообразно от слоя к слою.

Условия рассматриваемого случая таковы, что для луча, переходящего в верхний слой, $T_2<T_1$ и $n>1$, а для луча, проникающего в нижний слой, наоборот, $T_2>T_1$ и $n<1$.

Следовательно, на основании формулы (2.13) первый луч испытывает после преломления отклонение от первоначального направления в сторону нормали к поверхности раздела слоев ($r<i$), а второй — отклоняется в противоположную сторону ($r>i$). При прохождении акустическим лучом целого ряда подобных горизонтальных слоев траектория луча принимает ломаный характер. В реальных условиях понижение температуры с высотой происходит не скачкообразно, а непрерывно, поэтому траектории акустических лучей имеют вид плавных кривых, отклоняющихся от первоначального направления всегда вверх (т. е. обращенных своими выпуклыми сторонами к земле) и стремящихся в верхних слоях атмосферы принять вертикальное направление (рис. 2.23). Пунктирные кривые линии изображают на рисунке поверхности распространяющихся из точки S акустических волн. В рассматриваемом случае волновая поверхность имеет не сферическую форму, а напоминает сплющенный по направлению к земле эллипсоид. Поверхность земли $ACCA$ предполагается горизонтальной и идеально плоской. При последнем условии лучи SA, касаясь земли в точках A, испытывают в этих точках полное внутреннее отражение и поднимаются в атмосферу по направлению к точкам B. Происходящее в точках A полное внутреннее отражение обусловливается углом падения i, превышающим значение предельного угла полного внутреннего отражения i_0, и наличием показателя преломления

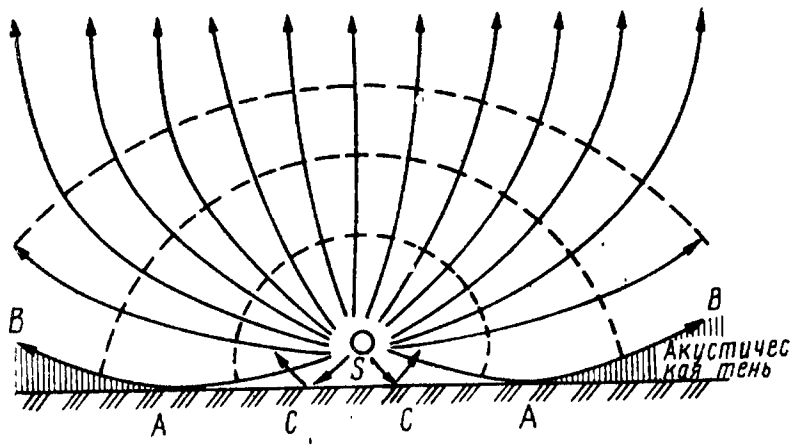


Рис. 2.23. Преломление акустических лучей в атмосфере и образование области акустической тени при понижении температуры воздуха с высотой

$n<1$. Лучи SC, не обладающие первым условием, испытывают в точках C простое отражение от земной поверхности. Участки AB предельных лучей SAB создают в атмосфере поверхность раздела между областью акустической тени и областью слышимости.

В область акустической тени проникает незначительная часть акустической энергии вследствие явления дифракции на границе AB тени и происходящего в реальных условиях диффузного (рассеянного) отражения лучей от неровностей земли и неоднородных по физическому состоянию участков атмосферы.

Звукоприемник, расположенный за пределами района AA, т. е. в акустической тени, или совсем не зарегистрирует звук выстрела из точки S, или зарегистрирует его очень слабо. Расстояние AA, определяющее район хорошей слышимости звука вокруг S, обычно невелико и зависит от высоты расположения над землей источника акустических волн и от вертикального градиента температуры. Это расстояние возрастает при увеличении высоты источника S над землей и при уменьшении температурного градиента. Данное обстоятельство служит одной из причин лучшей слышимости звуков воздушных разрывов снарядов (по сравнению с наземными разрывами).

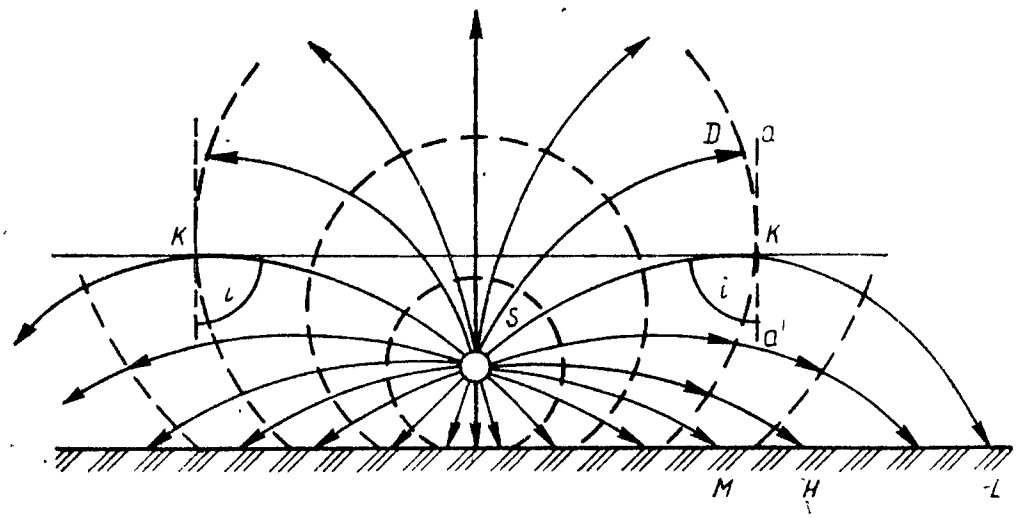


Рис. 2.24. Преломление акустических лучей при температурной инверсии в приземном слое атмосферы

Таким образом, наличие в атмосфере положительного вертикального градиента температуры является неблагоприятным условием для работы звуковой разведки. Подобное значение температурного градиента наблюдается обычно в дневное время летом, особенно при безоблачном небе.

Случай 3. Температура воздуха начиная от земли непрерывно повышается с высотой (случай приземной инверсии, $\gamma<0$).

При таком распределении температуры с высотой лучу, переходящему в верхний слой, будет соответствовать $n<1$ (так как $T_2>T_1$), а лучу, проникающему в нижний слой, наоборот, $n>1$ (так как $T_2<T_1$). Следовательно, анализируя формулу (2.13),

можно сделать вывод, что луч SL после преломления еще больше удаляется от нормали aa' к границе раздела слоев ($r>i$), а луч SD, наоборот, отклоняется в сторону этой нормали ($r<i$). В результате при непрерывном возрастании температуры воздуха с высотой искривления акустических лучей принимают вид, изображенный на рис. 2.24. Мы видим, что акустический луч (например, луч SKL), описав в атмосфере траекторию, обращенную выпуклостью вверх, снова возвращается вниз, на землю. В самой верхней точке своей траектории (в точке K) луч претерпевает полное внутреннее отражение, вследствие того что $T_2>T_1$, и возраставший на восходящей ветви SK траектории угол падения (i) становится в точке K больше предельного угла полного внутреннего отражения (i_0).

Характер искривления акустических лучей при неограниченной сверху приземной инверсии исключает возможность образования на ровной земной поверхности акустической тени. Наличие в атмосфере отрицательного вертикального градиента температуры создает благоприятные для звуковой разведки условия. Эти условия благоприятны не только вследствие отсутствия акустической тени, но и благодаря тому, что приходящие к звукоприемнику из верхних слоев акустические волны подвергаются обычно меньшему искажению и ослаблению в пути, чем волны, распространяющиеся вблизи подстилающей поверхности.

Рассмотренный случай возрастания температуры с высотой (приземная инверсия) чаще всего имеет место в ночное время летом при безоблачном небе, в сильные морозы и весной во время таяния снега.

Случай 4. Температура воздуха начиная от земли повышается в вертикальном направлении до некоторой высоты, а затем понижается (случай ограниченной сверху приземной инверсии). В данном случае верхняя граница приземного слоя инверсии является высотой, начиная с которой направление искривления акустических лучей меняет знак и становится неблагоприятным для работы звуковой разведки (луч SAC на рис. 2.25).

Предельное положение луча, возвращающегося на землю после полного внутреннего отражения в точке A, показано на рисунке

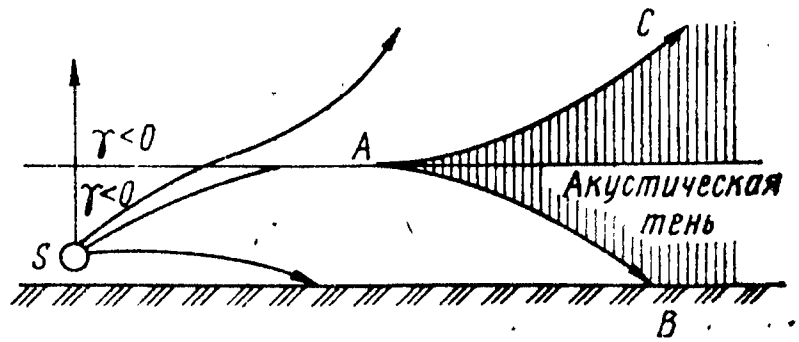


Рис. 2.25. Траектории акустических лучей и акустическая тень при наличии ограниченной по высоте приземной инверсии

траекторией луча SAB. Как видно из рисунка, на дальностях звуковой засечки, превышающих расстояние SB, условия работы звуковой разведки неблагоприятны (звукоприемник оказывается расположенным в области акустической тени). Чем выше слой приземной инверсии, тем эти условия работы становятся более благоприятными (возрастает расстояние SB).

Случай 5. Температура воздуха сначала (от земли) понижается в вертикальном направлении, затем повышается до некоторой высоты, а затем снова понижается (случай инверсии в свободной атмосфере). Рассматриваемый случай состоит из сочетания случаев искривления акустических лучей (случаи 2 и 3) и делится сам на два случая (*А* и *Б*) в зависимости от толщины инверсионного слоя.

А. Толщина инверсионного слоя достаточно велика (рис. 2.26, *а*).

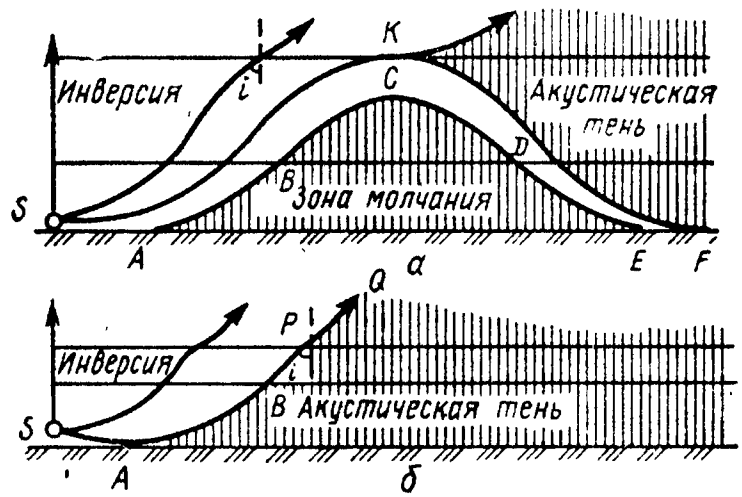


Рис. 2.26. Траектории акустических лучей при наличии в свободной атмосфере инверсионного слоя:
а — большой толщины; *б* — небольшой толщины

Предельный луч $SABCDE$, имея в точке A полное внутреннее отражение, поднимается вверх в атмосферу и, вторично испытав полное внутреннее отражение на этот раз в слое инверсии в точке C (что возможно только при достаточной толщине инверсионного слоя), возвращается на землю в точку E. Таким образом, на участке AE (зона молчания) слышимости нет или почти нет, а правее точки E она снова появляется, но наблюдается на ограниченном участке земной поверхности EF, величина которого находится в зависимости от толщины инверсионного слоя и определяется траекторией предельного луча SKF. Все лучи, достигающие верхней поверхности инверсионного слоя в точках, расположенных левее точки K, имеют углы падения $i<i_0$ и вернуться к земле уже не могут.

Из сказанного можно сделать вывод, что чем меньше слой инверсии, чем толще расположенный под ним слой воздуха с понижающейся с высотой температурой и чем больше абсолютная

величина температурного градиента в нижнем слое и меньше — в верхнем, тем это отрицательнее сказывается на ведении звуковой разведки.

Б. Инверсионный слой имеет небольшую толщину (рис. 2.26, *б*). В этом случае предельный луч *SABPQ* не может (из-за малой толщины слоя инверсии) образовать необходимый для полного внутреннего отражения в точке *P* угол падения *i*, больший предельного угла i_0 полного внутреннего отражения. В результате отсутствие слышимости (акустическая тень) на поверхности земли начинается уже на небольшом удалении *SA* от источника лучей.

Несмотря на наличие слоя инверсии, данный случай является таким же неблагоприятным для работы звуковой разведки, как и рассмотренный выше случай 2 (см. рис. 2.23).

Преломление акустических лучей под влиянием вертикального градиента ветра (ветровое преломление)

Сначала ограничимся рассмотрением процесса распространения акустической волны при наличии только двух смежных горизонтальных слоев воздуха с различными значениями скорости ветра, причем будем считать оба слоя однородными в отношении температуры и состава, а ветер — одинаковым в пределах отдельного слоя (направление и скорость ветра имеют скачкообразный переход на границе между слоями I и II).

Пусть участок плоской акустической волны *AB* (рис. 2.27), распространявшейся в нижнем слое воздуха, в котором скорость ветра W_1, достиг в точке *A* границы слоев I и II. Пусть ветер в слое II имеет такое же направление, как и в слое I, но бо́льшую скорость ($W_2 > W_1$). Разность векторов $\overline{W}_2 - \overline{W}_1$ является приращением скорости ветра $\Delta\overline{W}$ в последующем слое (II) по сравнению с предыдущим (I) и направлена на рисунке вправо. Если бы ветер имел в обоих слоях то же направление, но W_2 было бы меньше W_1, тогда $\Delta\overline{W}$ было бы направлено влево.

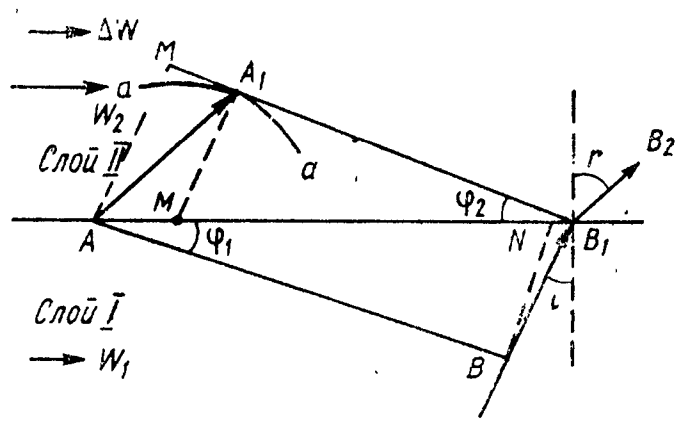


Рис. 2.27. Преломление акустической волны под влиянием усиливающегося с высотой ветра

Восстановленный в точке B перпендикуляр BN к поверхности волны AB изобразит траекторию звукового луча внутри слоя I при отсутствии ветра ($W_1=0$) и по величине будет равен $BN=C_0t$, где C_0 — скорость волны в неподвижном воздухе, а t — время, необходимое для достижения поверхности раздела слоев точкой B участка волны. При наличии же в нижнем слое ветра W_1, луч, соответствующий точке B волны, достигнет поверхности раздела слоев не в точке N, а в точке B_1, отклонившись по направлению ветра W_1 вправо на величину отрезка $NB_1=W_1t$.

Таким образом, точка B_1 является положением правого края участка волны после преломления и направление BB_1 можно принять за направление акустического луча во всем слое I.

За промежуток времени t, в течение которого правый край волны перемещался из точки B в точку B_1, вторичная сферическая волна, зародившаяся в точке A, согласно принципу Гюйгенса распространится в слое II на расстояние C_0t и займет положение aa. Центр этой волны в конце промежутка времени t окажется отнесенным по направлению ветра W_2 вправо на расстояние $M_1A_1=AM=W_2t$ и будет находиться в точке A_1. Поэтому для определения положения фронта преломленнной волны из точки M, как из центра, проведем дугу aa радиусом $MA_1=BN=C_0t$, а из точки B_1 прочертим к этой дуге касательную. Данная касательная A_1B_1 представляет собой искомое положение преломленной волны, а отрезок AA_1 — траекторию акустического луча в слое. Если прочертить B_1B_2 параллельно AA_1, можно заметить преломление акустического луча BB_1B_2, вызванное переходом в другой слой с другим значением скорости ветра. Проведенная в точке B_1 нормаль к поверхности раздела составит с данным лучом угол падения i и угол преломления r.

Таким образом, изменение скорости ветра, встречаемое акустической волной в соседнем горизонтальном слое атмосферы, приводит к явлению преломления луча даже в том случае, когда температура обоих слоев одинакова. Подобное преломление называют ветровым преломлением или ветровой рефракцией. Законы и формулы ветрового преломления акустических лучей здесь не приводятся. Остановимся лишь на двух выводах из знаков ветрового преломления, имеющих практическое значение и необходимых для уяснения различных случаев ветрового преломления. Во-первых, при переходе акустической волны (луча) в горизонтальный слой воздуха с другим значением скорости ветра поворот волнового фронта (отклонение луча) всегда происходит в ту сторону, куда направлено приращение скорости ветра $\Delta\overline{W}$. Например, на рассмотренном рис. 2.27 приращение скорости ветра направлено вправо, поворот фронта волны при переходе в слой II произошел тоже вправо.

Во-вторых, если угол падения лучей достаточно велик (больше некоторого предельного значения i_0) и при этом лучи распространяются в ту же сторону, куда направлено $\Delta\overline{W}$, наблюдается явление полного внутреннего отражения. Например, на рис. 2.27

показано полное внутреннее отражение лучей *2, 7* и *8* в точках *A*, *E* и *F*.

Основываясь на приведенных общих положениях, относящихся к ветровому преломлению акустических волн, рассмотрим отдельные конкретные случаи искривления лучей в реальной атмосфере под влиянием вертикального градиента ветра (γ_W). При этом под вертикальным градиентом ветра будем понимать приращение скорости ветра с высотой, приходящееся на 100 м (на 1 гм).

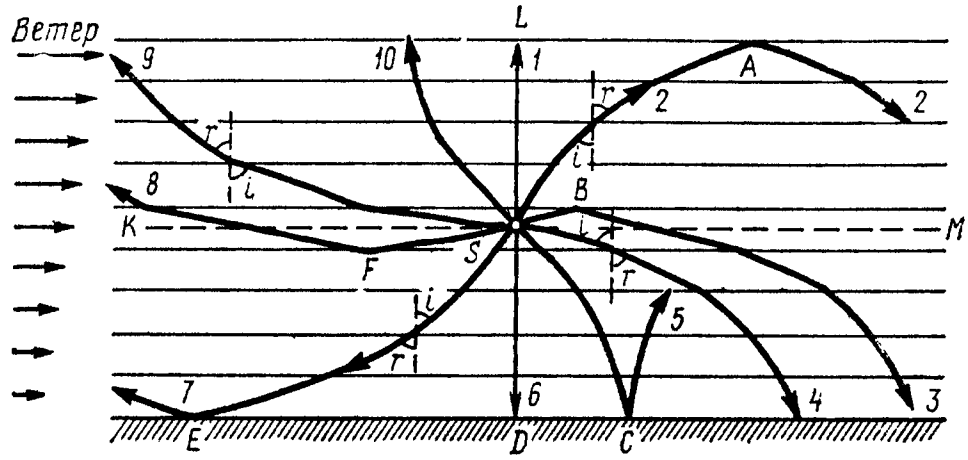


Рис. 2.28. Ломаный характер акустических лучей при скачкообразном усилении ветра с высотой

Для пояснения решим два числовых примера:

1. Пусть на высоте $z_1=500$ м от земли ветер имеет скорость $W_1=7{,}0$ м/с, а на высоте $z_2=520$ м скорость ветра того же направления $W_2=7{,}2$ м/с. Тогда согласно определению

$\gamma_W=(W_2-W_1)/(z_2-z_1)=(7{,}2-7{,}0)/(520-500)=0{,}01$ м/с на 1 м или 1 м/с на 100 м.

2. Пусть на высоте 600 м скорость ветра $W_1=7{,}1$ м/с, а на высоте 640 м $W_2=6{,}9$ м/с. Тогда

$\gamma_W=(6{,}9-7{,}1)/(640-600)=-0{,}005$ м/с на 1 м или $-0{,}5$ м/с на 100 м.

Таким образом, положительное значение градиента ветра соответствует возрастанию ветра с высотой, а отрицательное — ослаблению. Но на вид траекторий акустических лучей больше влияют не величина и направление скорости ветра, а величина и знак вертикального градиента ветра. Рассмотрим пять случаев.

Случай 1. Ветер на всех высотах над землей одинаков ($W=\text{const}$; $\gamma_W=0$).

При этом условии вся атмосфера как единое целое переносится со скоростью W по направлению ветра. Происходящее при этом перемещение центра сферической акустической волны вызывает по отношению к неподвижному наблюдателю, находящемуся на земле, искривление лучей (рис. 2.29). Подобное искривление лучей и последовательные положения сферической волны в виде картины, спроецированной на горизонтальную плоскость, показа-

ны на рис. 2.13, *б*. Но совершенно такая же картина получится, если распространяющиеся волны и лучи спроецировать на вертикальную плоскость, проведенную через источник излучения S и направление перемещения среды (подобный случай иллюстрирует рис. 2.32). Пунктирные прямые линии на рис. 2.29 изображают траектории лучей при отсутствии ветра.

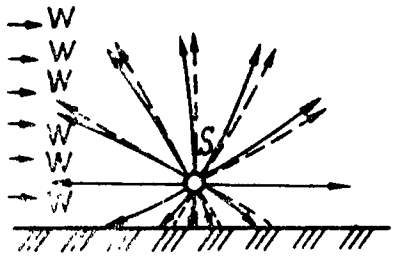


Рис. 2.29. Траектории акустических лучей при не изменяющемся с высотой ветре (по отношению к неподвижному наблюдателю)

Степень искривления лучей зависит от величины отношения W/C, где W — скорость ветра, а C — скорость распространения акустических волн при отсутствии ветра. Так как $W<C$, указанное искривление лучей незначительно и не имеет практического значения.

Случай 2. Скорость ветра равномерно увеличивается с высотой ($\gamma_W>0$).

В наиболее распространенном случае распределения ветра по высоте имеет место возрастание его скорости с высотой. Поэтому рассматриваемый случай имеет большое практическое значение.

При скачкообразном нарастании ветра в атмосфере от слоя к слою наблюдается картина, показанная на рис. 2.28.

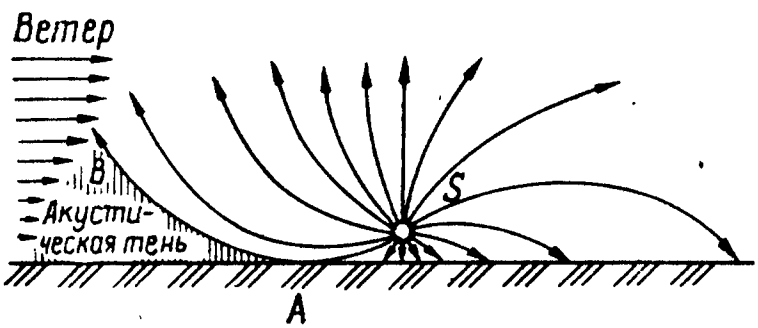


Рис. 2.30. Преломление акустических лучей и образование области акустической тени при попутном ветре, усиливающемся с высотой

При непрерывном и равномерном усилении ветра с высотой траектории акустических лучей имеют вид плавных кривых (рис. 2.30). Предельный луч SAB, испытывающий в точке A полное внутреннее отражение, является границей образования в левой части акустической тени, в области которой акустическая энергия из S может проникнуть только благодаря дифракции и диффузному отражению. Из рисунка видно, что, если звукоприемник будет находиться справа от точки S, т. е. если усиливаю-

щийся с высотой ветер будет попутным для звуковых лучей, слышимость будет хорошая. Если же звукоприемник будет расположен слева в области акустической тени, слышимость или совсем будет отсутствовать, или будет плохой.

Ввиду того что участок AS с хорошей слышимостью невелик, можно сказать, что встречный ветер, усиливающийся с высотой, создает неблагоприятные условия для работы звуковой разведки.

Случай 3. Скорость ветра равномерно уменьшается с высотой ($\gamma_W < 0$).

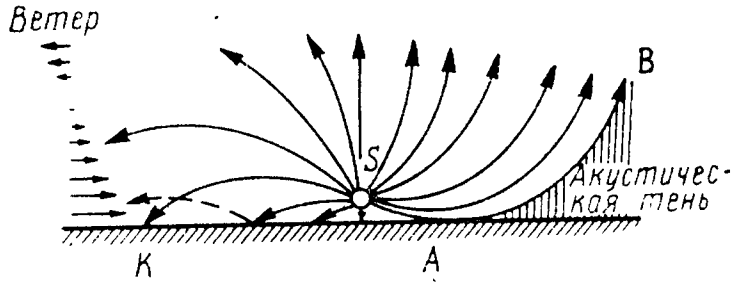


Рис. 2.31. Преломление акустических лучей и образование области акустической тени при попутном, ослабевающем с высотой ветре

На рис. 2.31 изображен ход лучей при ветре, который, уменьшаясь с высотой, даже переходит в противоположный. Для всех лучей, выходящих вверх из точки S, приращение $\Delta\overline{W}$ направлено влево, а для лучей, распространяющихся из S вниз, наоборот, вправо. Поэтому первые лучи подвергаются при преломлении отклонению в левую сторону рисунка, а вторые — в правую. В точке A наблюдается полное внутреннее отражение, в точке K — простое отражение. Акустическая тень, образованная предельными лучами SAB, значительно ухудшает слышимость звука при наличии попутного ветра, ослабевающего с высотой. Наоборот, встречный ветер (левая сторона рисунка), ослабевающий с высотой, создает благоприятные условия для ведения звуковой разведки.

Случай 4. Скорость ветра сначала увеличивается до некоторой высоты, а затем уменьшается.

Данный случай, изображенный на рис. 2.32, является сочетанием рассмотренных выше случаев 2 и 3, поэтому характер искривления акустических лучей не требует пояснений. Акустическая

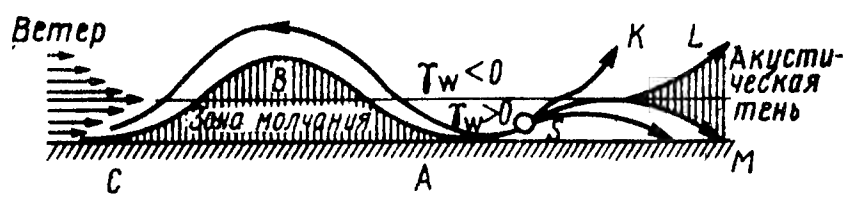


Рис. 2.32. Рефракция акустических лучей в атмосфере в случае перехода на некоторой высоте положительного градиента ветра в отрицательный

тень, которая наблюдается на рис. 2.30 на всем расстоянии слева от точки A, в данном случае превращается в зону молчания на ограниченном участке AC. Благодаря этому, несмотря на существование в нижнем слое усиливающегося с высотой встречного ветра, условия работы звуковой разведки в районе левее точки C могут стать благоприятными. Размеры участка AC (зоны молчания) тем меньше, чем меньше значение положительного вертикального градиента ветра в нижнем слое воздуха, чем больше значение отрицательного градиента в верхнем и чем тоньше нижний слой воздуха. Из рисунка мы видим, что наряду с возможным улучшением слышимости в левой половине рисунка может произойти ухудшение слышимости в правой части рисунка, правее точки M. Нетрудно сделать вывод, что участок хорошей слышимости SM уменьшается при тех же условиях, при которых сокращается зона молчания AC, т. е. при уменьшении высоты нижнего слоя воздуха и его вертикального градиента ветра.

Случай 5. Скорость ветра сначала уменьшается в атмосфере до некоторой высоты, а затем увеличивается.

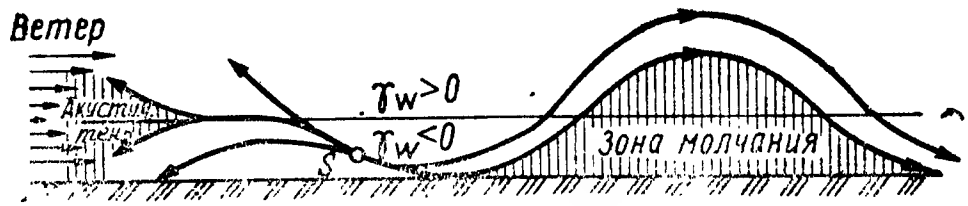


Рис. 2.33. Рефракция акустических лучей в атмосфере в случае перехода на некоторой высоте вертикального градиента ветра в положительный

Ввиду того что данный случай отличается от предыдущего только знаками градиентов ветра, рис. 2.33 получается из рис. 2.32 путем перестановки местами акустических полей, находящихся слева и справа от точки S.

Преломление акустических лучей под совместным влиянием вертикальных градиентов температуры и ветра

В действительности акустические лучи в атмосфере обычно испытывают одновременно и температурное, и ветровое преломление. При этом характер искривления акустических лучей определяется знаками и сравнительными величинами вертикальных градиентов температуры и ветра.

Влияние каждого из двух градиентов на характер искривления акустического луча основано на изменении скорости распространения луча при его переходе из одного горизонтального слоя атмосферы в другой.

Решающими факторами, определяющими характер траектории акустического луча в атмосфере, являются знак и степень изменения скорости распространения этого луча при переходе в сле-

дующий слой воздуха. Влияние температурной и ветровой рефракции на характер луча можно объединить одним общим правилом. Если скорость распространения акустического луча, направляющегося в верхние слои атмосферы, постепенно увеличивается, луч удаляется от вертикали и искривляется в сторону земли. Если же, наоборот, скорость распространения акустического луча при переходе в верхние слои воздуха уменьшается, луч приближается к вертикали и уходит от земли.

Так как звуковая разведка, как правило, пользуется лучами, приходящими к звукоприемникам из высоких слоев атмосферы, т. е. такими, выпуклая сторона траекторий которых обращена вверх, из изложенного правила следует, что условия, при которых скорость звука увеличивается в атмосфере с высотой, можно считать благоприятными для работы звуковой разведки, а условия, при которых эта скорость с высотой уменьшается — неблагоприятными. Средними условиями для работы звуковой разведки называют такие условия, при которых скорость звука с высотой остается постоянной.

Таким образом, характер изменения скорости звука в атмосфере с высотой является показателем степени благоприятности условий для работы звуковой разведки.

Если скорость звука растет с высотой не только из-за отрицательного вертикального градиента температуры (случай инверсии), но и под влиянием совпадения направления приращения скорости ветра $\Delta\overline{W}$ с направлением распространения акустических лучей, наблюдаются особенно сильное увеличение скорости звука с высотой и особенно сильное искривление возвращающихся на землю акустических лучей. Траектории акустических лучей, достигающих звукоприемников при этих условиях, становятся более высокими.

На рис. 2.34 показан луч, сначала пришедший к звукоприемнику M с высоты z_1 в условиях приземной инверсии и безветрия. Допустим, что этот луч выходил из точки S под углом φ к горизонту. При наличии ветра, имеющего приращение скорости $\Delta\overline{W}$ с высотой, этот луч искривится сильнее и достигнет земли в точке N. В точку M будет приходить и другой луч, распространявшийся в более высоких слоях (z_2) атмосферы и вышедший из точки S под большим углом φ' наклона к горизонту. Изображенный на рисунке луч SK (с углом наклона φ) соответствует условиям: $\gamma=0$ и $W=0$.

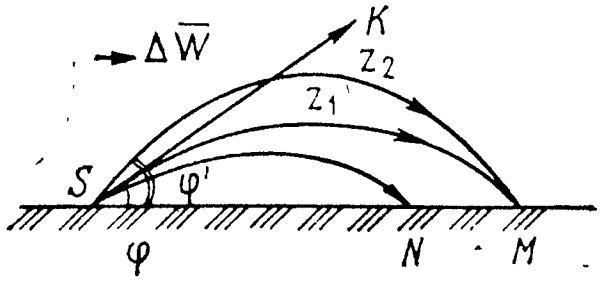


Рис. 2.34. Зависимость траектории акустического луча от вертикального градиента ветра

Если распределение температуры воздуха с высотой изменяет скорость звука в одну сторону (например, уменьшает ее), а распределение ветра в атмосфере — в другую (например, увеличивает ее), направление искривления лучей будет зависеть от того, какой из этих двух факторов сильнее изменяет скорость звука. При этом условия работы звуковой разведки могут стать не только менее благоприятными, но и совсем неблагоприятными. Иллюстрацией к сказанному могут служить рис. 2.32 и 2.33. В обоих примерах, изображенных на рисунках, источник лучей S находится у самой земли, ветер растет с высотой и имеет одинаковое направление, а вертикальный градиент температуры положителен и потому неблагоприятен для работы звуковой разведки. Основное различие содержания рисунков — в величине вертикального градиента ветра. Из рисунков видно, что слева от точки S условия слышимости особенно неблагоприятны из-за встречного приращения $\Delta\overline{W}$ и $\gamma>0$, справа же от точки S — благоприятное для слышимости приращение $\Delta\overline{W}$, показанное на рис. 2.32, может оказаться все же недостаточным для создания благоприятных условий работы звуковой разведки (как на рис. 2.33), так как этому приращению соответствует вертикальный градиент ветра 0,4 м/с на 100 м.

Было установлено, что понижение температуры воздуха на 1° С уменьшает скорость звука примерно на 0,61 м/с. Отсюда следует, что неблагоприятное для звуковой разведки искривление траектории акустического луча, происходящее под влиянием положительного температурного градиента $\gamma=1$ град/гм, компенсируется попутным для луча вертикальным градиентом ветра $\gamma_w\approx$ $\approx$0,61 м/с на 100 м. Подобная взаимная нейтрализация влияния обоих градиентов на скорость звука позволяет лучу распространяться прямолинейно.

Определение условий слышимости

Анализ слышимости звука выстрела или разрыва снаряда должен основываться, во-первых, на том, в какой степени акустические волны, приходящие к звукоприемнику от места своего возникновения, способны повлиять на воспринимающий механизм звукоприемника и быть им «услышанными», и, во-вторых, на том, насколько неискаженно данные волны окажутся зарегистрированными звукометрической аппаратурой.

Степень воздействия акустических волн на воспринимающий механизм звукоприемника определяется интенсивностью волн в момент их прихода к звукоприемнику.

Интенсивность акустических волн, достигающих звукоприемника, качество их записи на звукометрической ленте и автоматизированной обработки зависят от следующих факторов:

величины импульса, породившего волны в очаге возмущения;
расстояния от звукоприемника до очага возмущения;
физического состояния атмосферы;

характера и рельефа подстилающей поверхности, особенно в районах расположения звукоприемников и местонахождения очага возмущения.

При некоторых распределениях температуры и ветра по высоте в атмосфере слышимость может совсем отсутствовать (зоны молчания, акустическая тень). В тех случаях, когда звукоприемник оказывается расположенным в акустической тени, интенсивность приходящих к нему волн близка к нулю. Но и в случае расположения звукоприемника в районе слышимости (вне акустической тени) наблюдающаяся на практике звукометрическая слышимость может быть очень различной по своей степени. Неодинаковая слышимость звуков в последнем случае вызвана различными условиями распространения акустических лучей в атмосфере.

Рассмотрим, как условия распространения акустических волн могут отразиться на слышимости.

Известно, что у сферических волн, распространяющихся в акустически прозрачной среде, интенсивность (а следовательно, и слышимость) убывает обратно пропорционально квадрату пройденного волной расстояния. Если пренебречь незначительным поглощением (абсорбцией) инфразвуковых волн в реальной атмосфере и допустить, что акустические волны имеют сферическую форму, то в условиях, соответствующих рис. 2.24, убывание слышимости волн можно считать происходящим в обратно пропорциональной зависимости от квадрата пройденного волнами расстояния. В случае невысокой приземной инверсии слышимость становится лучше, так как интенсивность волн убывает при такой инверсии обратно пропорционально не квадрату пройденного волной расстояния, а примерно пройденному расстоянию (так как в этом случае лучи распространяются в тонком слое между двумя зеркально отражающими поверхностями).

Рассматривая различные случаи температурной и ветровой рефракции акустических лучей в атмосфере, мы допускали неоднородность атмосферы только в вертикальном направлении. Однако реальная атмосфера, особенно в пределах километрового слоя, всегда в большей или меньшей степени неоднородна и в горизонтальном направлении.

Допустим, что в солнечный летний день, когда нижние слои атмосферы особенно неоднородны, звукоприемник M зарегистрировал звук выстрела из орудия S (рис. 2.35). Выясним примерный характер приема такого звука выстрела при тех условиях, какие показаны на рисунке (температура воздуха понижается с высотой, ветер попутный, усиливающийся с высотой, недалеко от звукоприемника расположено здание).

Вследствие неравномерного прогревания земной поверхности солнечными лучами в приземном слое атмосферы содержатся вертикальные поверхности раздела, отделяющие, например, более холодный и влажный столб воздуха B от более нагретых и сухих воздушных масс A и C. Вблизи земной поверхности неоднородность атмосферы выражена еще сильнее (более холодные объемы

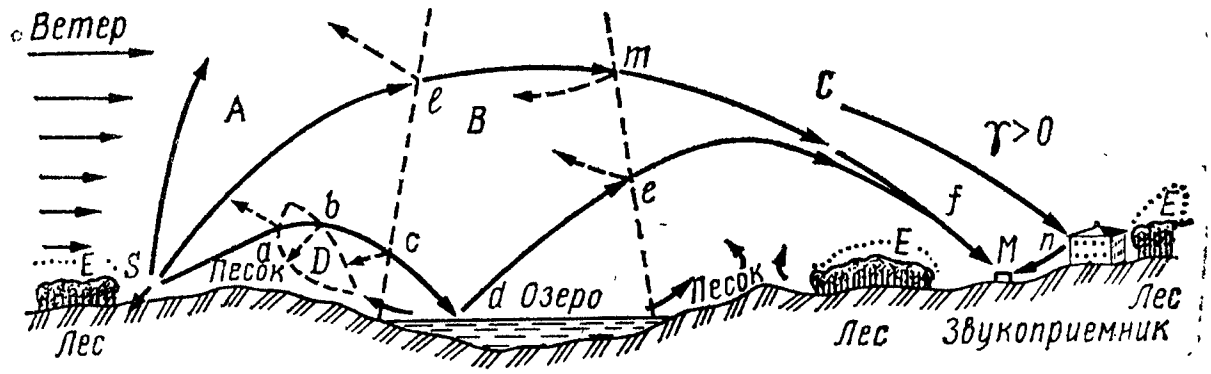


Рис. 2.35. Распространение акустических лучей в неоднородной атмосфере

воздуха E над лесными участками, отдельные массы менее нагретого воздуха D, вклинившиеся под влиянием порыва берегового ветра в область прогретого воздуха A и т. д.).

В данных условиях проследим возможные пути распространения тех акустических лучей от выстрела, которые достигли звукоприемника M. Допустим, что акустические лучи, распространяющиеся в сторону звукоприемника, испытывают более сильное искривление вниз под влиянием попутного ветра, усиливающегося с высотой, чем искривление вверх под влиянием положительного вертикального градиента температуры. Тогда общий характер искривления лучей будет благоприятен для звуковой разведки (рис. 2.35). Луч $SlmfM$, пересекая воздушную область B, испытывает в точках l и m не только преломление, но и частичное отражение, показанное на рисунке пунктиром. Луч $SadfM$ приходит к звукоприемнику благодаря простому отражению в точке d от подстилающей поверхности. Этому лучу приходится пересечь не только область B, но и более мелкое образование — массу менее нагретого воздуха D. Этот луч испытывает преломление и отражение в целом ряде точек a, b, c, d, e своей траектории. Каждое такое частичное отражение уменьшает интенсивность акустического луча.

В результате многократных отражений (конечно, значительно более многочисленных, чем показано на рисунке) интенсивность акустических волн, достигающих звукоприемника, окажется значительно уменьшенной, а слышимость звука — ослабленной.

Прямой луч $SlmfM$, проходящий через более высокие слои воздуха, при тех метеорологических условиях, которые относятся к примеру, обычно обладает большей скоростью распространения, чем отраженный от подстилающей поверхности. Пусть в случае, показанном на рисунке, к звукоприемнику сначала подойдет акустическая волна, соответствующая прямому лучу, затем волна, соответствующая лучу, отраженному в точке d, и, наконец, волна, отразившаяся в точке n от здания. Интервал времени между моментами прихода к звукоприемнику фронтов всех трех волн будет определяться временем распространения этих волн, которое зависит от физического состояния атмосферы, рельефа местности и

удаления звукоприемника от орудия и здания. Так как подобные интервалы времени обычно невелики, наблюдается явление интерференции волн, выражающееся в том, что каждая последующая волна накладывается на «хвост» предыдущей. В результате интерференции и малой интенсивности приходящих волн колебания мембраны звукоприемника будут незначительными по амплитуде, растянутыми во времени и искаженными по своему характеру (запись на ленте не имеет четкого начала, что не способствует однозначному автоматизированному выделению моментов подхода звука).

Явление многократного отражения распространяющегося акустического луча на поверхностях раздела неоднородных объемов воздуха, сопровождающееся рассеиванием акустической энергии в самых разнообразных направлениях, принято называть рассеиванием (диффузией) акустических волн.

Диффузия акустических волн является одним из главных факторов, ухудшающих слышимость звуков в атмосфере. Случай, когда диффузия несколько улучшает слышимость, имеет место, когда звукоприемник расположен в акустической тени.

Причиной диффузии акустических волн служит не только неоднородность атмосферы, но и турбулентность воздуха. Турбулентное состояние атмосферы усиливает диффузию акустических волн тем, что вихревые образования воздуха, встречающиеся волне на пути ее распространения, вызывают поворот отдельных участков волнового фронта (преломление луча) и образование отраженных волн (отражение луча).

Так как километровый слой атмосферы никогда не бывает совершенно однородным и спокойным, акустические волны, достигающие звукоприемников, всегда подвергаются диффузии в большей или меньшей степени. Таким образом, атмосфера никогда не бывает совершенно прозрачной в акустическом отношении (даже если пренебречь абсорбцией волн атмосферой).

Вместе с усилением неоднородности и турбулентности атмосферы увеличивается диффузия акустических волн и, следовательно, ухудшается слышимость звуков. Ухудшение слышимости летом в дневное время, особенно в послеполуденные часы при безоблачном небе, в значительной степени объясняется диффузией акустических волн. Кроме того, как известно, подобным условиям соответствует большое значение положительного градиента температуры, что также ухудшает слышимость. По указанным причинам непосредственно перед грозой воздух может стать совершенно непрозрачным для акустических лучей, направляющихся в сторону звукоприемника («акустическая закупорка» атмосферы).

Наоборот, условия, при которых атмосфера делается более однородной и менее турбулентной, являются благоприятными, так как уменьшается диффузное рассеивание акустических лучей. Подобные условия наблюдаются обычно при отсутствии воздействия солнечных лучей на землю, например, ночью, в пасмурную погоду, во время тумана. Наличие в зимнее время замерзших водных по-

верхностей и снегового покрова на земле также способствует однородности нижних слоев атмосферы и служит, таким образом, условием, благоприятствующим слышимости. Туман, мелкий моросящий дождь и снег не мешают распространению акустических волн, так как они вследствие дифракции легко обходят мелкие частицы (капли, снежинки), из которых состоят туман и осадки. При тумане и моросящих осадках без ветра слышимость звуков даже улучшается, причиной чему служит почти полное исчезновение диффузии акустических волн (наличие однородной и спокойной атмосферы).

Резкий порывистый ветер усиливает турбулентность атмосферы и тем ухудшает слышимость звуков. Кроме того, при резком порывистом наземном ветре затрудняется защита звукоприемников от непосредственного воздействия такого ветра.

Водные поверхности, болота, расположенные между звукоприемником и источником звука или вблизи звукоприемника, являясь в летнее время причиной образования сильных вертикальных потоков и завихрений воздуха, ухудшают слышимость звуков.

Лесные участки земной поверхности, плохо вентилируемые ветром и заполненные в летний солнечный день более охлажденным воздухом, способствуют неоднородности приземных слоев атмосферы. Кроме того, акустические волны, распространяющиеся в лесу, подвергаются многократному отражению от стволов и ветвей деревьев, в результате чего акустическая энергия сильно рассеивается во всех направлениях, вызывая быстрое ослабление интенсивности волн и явление реверберации (гулкость звука в лесу). Мембрана звукоприемника, расположенного в большом лесу вдалеке от опушки, в момент прихода звука орудийного выстрела воспроизведет увеличенное число колебаний (длинный «хвост» записи выстрела на ленте), но амплитуды этих колебаний будут небольшими.

Равнинная местность, бедная водоемами и лесами, имеет над собой сравнительно однородную атмосферу и потому является в отношении слышимости звуков более благоприятной для звуковой разведки, чем гористая.

Гористая местность осложняет работу подразделения звуковой разведки, особенно при неблагоприятном взаимном расположении звукоприемников и цели. Это осложнение вызвано особенностями не только развертывания подразделения, но и распространения акустических волн. В частности, звук выстрела при своем распространении может претерпеть нежелательные отражения от поверхностей гор, что, в свою очередь, может привести к ошибкам в автоматизированном выделении начал принимаемых сигналов и, следовательно, к ошибкам в определении направления на звучащую цель. Кроме того, сильные вертикальные потоки воздуха и усиление турбулентности и неоднородности атмосферы, наблюдающиеся в горах в летний солнечный день, а также возможность расположения звукоприемников в акустической тени могут являться причиной плохой звукометрической слышимости. Боевая

работа звуковой разведки в условиях гористой местности требует выполнения ряда дополнительных требований в отношении выбора боевого порядка подразделения и обработки принимаемой информации.

Итак, характер подстилающей поверхности и физическое состояние атмосферы оказывают огромное влияние на слышимость звука. Но роль названных двух важнейших факторов в работе звуковой разведки не ограничивается только их влиянием на условия слышимости звуков выстрелов. В не меньшей степени они влияют и на определение звуковой разведкой правильного направления на источник звука. Метод разности времени предполагает наличие у волны, приходящей к обоим звукоприемникам базы, недеформированной сферической формы. Неоднородная и турбулентная структура атмосферы, местные ветры и сильный порывистый ветер не только искажают форму акустической волны (рис. 2.36), но иногда делают невозможной автоматизированное сравнение параметров сигналов принятых правым и левым звукоприемниками акустической базы. Автоматизированная обработка информации предполагает, что сигналы, относящиеся к одному и тому же источнику звука, принимаются обоими звукоприемниками неискаженными по пути распространения, одинаковыми по основным параметрам (длительности, амплитуде, частоте).

Подводя итог, можно в следующей краткой форме сформулировать благоприятные и неблагоприятные условия для работы звуковой разведки.

Благоприятные условия:

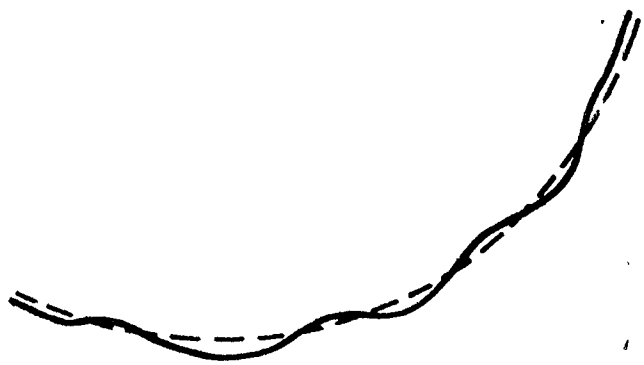


Рис. 2.36. Искажение фронта волны

попутный ветер, усиливающийся с высотой;
встречный ветер, ослабевающий с высотой;
температура воздуха, повышающаяся с высотой (инверсия);
туман и пасмурная погода с мелкими моросящими осадками при безветрии.

Неблагоприятные условия:
попутный ветер, ослабевающий с высотой;
встречный ветер, усиливающийся с высотой;
температура воздуха, понижающаяся с высотой;

сильный порывистый ветер у поверхности земли;
предгрозовое и грозовое состояние атмосферы.

Сопоставление перечисленных условий с состоянием погоды в различное время года и суток позволяет заключить, что более благоприятные условия для работы звуковой разведки обычно бывают ночью и ранним утром в течение круглого года, днем в сильные морозы, весной во время таяния снега, в пасмурную погоду с мелкими осадками или туманом в течение года.

Приведенные условия могут наблюдаться в различных сочетаниях. Наличие двух благоприятных факторов улучшает условия для работы звуковой разведки. При наличии двух противоположных одно другому условий успех работы будет определяться тем, какое условие окажется более важным для распространения звука. Однако доказано, что влияние ветра на распространение звука в приземном слое атмосферы превышает влияние неоднородности температуры воздуха.

Исследования последних лет рассматривают приземный слой как некий атмосферный звуковой волновод; наряду с лучевым методом расчетов распространения звука в неоднородной движущейся атмосфере используется волновой подход к решению этой задачи. В основу волновой теории распространения звука положено изменение звукового давления с учетом не только ветра и температуры воздуха в волноводном слое атмосферы, но и наличия в нем водяных паров, находящихся в них примесей, а также твердости подстилающей земной поверхности, углов падения звуковой волны на землю и направления ее распространения. Однако для практических целей волновое описание распространения звука в неоднородной движущейся атмосфере при произвольных значениях распределения температуры воздуха и действительного ветра по высоте сложно, требует большого объема исходных данных и вычислительных работ, что неприемлемо даже в условиях применения ЭВМ.

2.3. Звуковые волны, возникающие при артиллерийском выстреле

Ударные волны

Распространение акустических волн сопровождается незначительными изменениями физического состояния среды, т. е. незначительными амплитудами колебания плотности, давления, температуры и скорости смещения среды. Например, при распространении самых сильных звуков амплитуда смещения частиц воздуха всего только 0,36 мм (для частоты 50 Гц), амплитуда колебания давления воздуха не превосходит 4 мм рт. ст., что составляет примерно 0,5% нормального барометрического давления. Наблюдающееся при таких звуках изменение плотности воздуха составляет примерно 0,4% плотности невозмущенного воздуха, максимальная скорость колебательного движения частиц воздуха не превышает 1,3 м/с. При этом сами колебания протекают по линейным зако-

нам гармонических колебаний и могут быть графически представлены в виде синусоиды.

Таким образом, распространение акустических волн представляет собой распространение малых возмущений, носящих гармонический характер и образующихся лишь при малых импульсах давления в очаге возмущения. Если же в очаге возмущения происходит резкое возмущение среды посредством кратковременного и мощного импульса давления, в среде (например, в атмосфере) распространяются не обычные акустические волны, а особые волны, получившие название ударных.

Структура и законы распространения ударных волн отличны от структуры и законов распространения акустических волн.

Ударные волны возникают при всяком взрыве, выстреле, искровом разряде электричества (в частности, во время молнии), достаточно резком ударе быстро движущегося предмета о препятствие и т. п., т. е. во всех тех случаях, когда наблюдается кратковременное и мощное возмущение среды в очаге.

При взрыве химическая реакция настолько быстро распространяется внутри взрывчатого вещества (ВВ) от одного слоя вещества к другому, соседнему (для тротила эта скорость распространения достигает 6,7 км/с), что наружные части заряда ВВ не успевают сдвинуться с места к моменту окончания химической реакции (взрыва). Вследствие этого газообразные и раскаленные до температуры 1500—4000 К продукты взрыва (ПВ) в момент окончания взрыва ВВ обладают таким же объемом и такой же средней плотностью, какие были у взорвавшегося заряда ВВ. Высокая температура и газообразная фаза состояния ПВ при наличии малого объема приводят к образованию у ПВ в начальной стадии существования огромных давлений порядка 100—400 тыс. атм. Таким образом, моменту окончания взрыва соответствует картина сосуществования тесно соприкасающихся друг с другом, с одной стороны, ПВ с высоким давлением, с другой — невозмущенного окружающего воздуха с давлением, близким к одной атмосфере (рис. 2.37). Начиная с этого момента происходит стремительное ускоряющееся расширение ПВ до объема, превышающего их первоначальный объем в несколько тысяч раз.

Обратимся теперь к вопросу о том, что собой представляет ударная волна. Огромный вклад в дело изучения природы ударной волны и создания современной теории ударных волн внесли наши ученые Жуковский, Андреев, Ландау, Зельдович, Харитон, Блохинцев, Никитин, Тихонов, Садовский и др.

При распространении акустической волны (в частности, звуко-

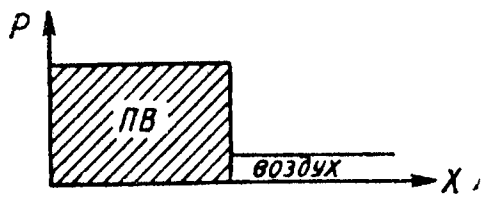


Рис. 2.37. Начальный момент движения границы ПВ — воздух после взрыва

вой) физические свойства среды изменяются постепенно (монотонно). Поэтому кривые, характеризующие эти изменения, имеют вид непрерывных линий — синусоид. С распространением же ударных волн связывают понятие так называемого разрыва непрерывности в физических свойствах среды.

Если бы физические свойства среды (давление, плотность, температура) при прохождении ударной волны претерпевали бы разрыв непрерывности в строгом смысле этого слова, тогда структура фронта ударной волны характеризовалась бы графиком, изображенным на рис. 2.38, *а*, на котором показан разрыв непрерывности давления *p*. Однако действительной структуре

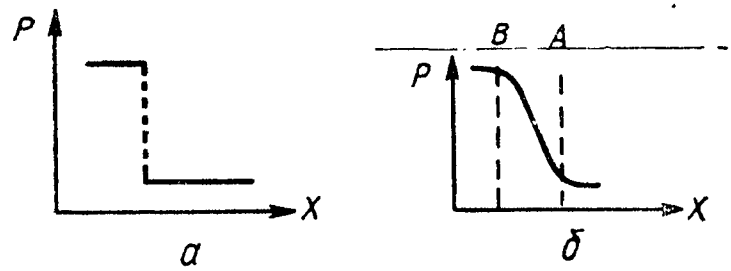


Рис. 2.38. Изменение давления в ударной волне:
а — идеализированное; *б* — реальное

фронта ударной волны соответствует график давления, приведенный на рис. 2.38, *б*, из которого видно, что истинная ударная волна не представляет собой строгого разрыва непрерывности. Но, так как все изменения физического состояния среды при прохождении фронта ударной волны вправо происходят в очень узкой области (расстояние между поверхностями *A* и *B*, изображенными на рис. 2.38, *б*, имеет размеры 10^{-5}—10^{-7} см и преодолевается ударной волной за время 10^{-10}—10^{-12} с), ударную волну практически можно рассматривать как разрыв (скачок) непрерывности.

Итак, ударная волна представляет собой поверхность разрыва непрерывности в физических свойствах среды, распространяющуюся со сверхзвуковой скоростью.

Область, ограниченная поверхностями *A* и *B*, в пределах которой плотность, давление и температура среды испытывают скачкообразные изменения, называют фронтом ударной волны. Таким образом, фронтом ударной волны является область между невозмущенной средой и местом наибольшего давления (уплотнения) в распространяющейся волне («гребнем» волны).

На рис. 2.37 изображена схема расположения продуктов взрыва (ПВ) и невозмущенного воздуха в момент окончания химической реакции взрыва. Через очень короткое время, исчисляемое миллионными долями секунды, приведенная на этом рисунке схема превращается в другую, показанную на рис. 2.39. Мы видим, что раскаленные и расширяющиеся ПВ ускоренно продвигаются вперед и гонят перед собой воздух, сжимая его на участке *AD*. В точке *D* наблюдается фронт ударной волны, содержащий скачок давления и плотности, правее точки *D* — невозмущенный

атмосферный воздух. Граница A между расширяющимися ПВ и сжатым воздухом представляет собой поверхность разрыва не только в отношении химического состава (ПВ и воздух), но и в отношении температуры. Участок AC, отсутствовавший на рис. 2.37, вызван волной разрежения. Разрыв в температуре на поверхности A возникает вследствие того, что в результате расширения ПВ и сжатия воздуха температура сжатого на участке AD воздуха достигает огромных значений (для тротила +7330° С), превосходящих в несколько раз значение температуры расширившихся ПВ (около +830° С).

Если, например, давление расширившихся ПВ и сжатого воздуха достигнет 250 атм, скорость распространения ударной волны в атмосфере будет 5250 м/с.

Форма ударной волны устанавливается, после того как в движение будет вовлечена достаточно большая масса воздуха, в несколько раз превосходящая массу заряда ВВ, взрыв которого породил эту ударную волну.

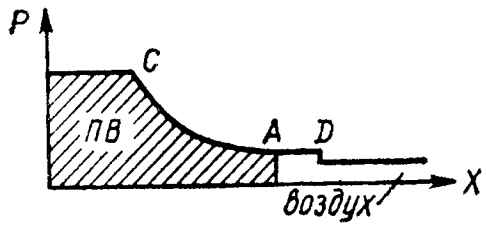


Рис. 2.39. Образование и структура ударной волны

Образовавшаяся ударная волна по мере распространения в атмосфере очень быстро теряет свою энергию (интенсивность), значительно быстрее, чем акустическая волна. Например, интенсивность сферической акустической волны при распространении в атмосфере убывает обратно пропорционально растущей поверхности волны, т. е. квадрату расстояния, пройденного волной от места своего возникновения, если не учитывать явление абсорбции, которое незначительно для инфразвуковых волн. При распространении же таких мощных ударных волн, какими являются ударные вблизи места взрыва ВВ, интенсивность убывает обратно пропорционально объему воздуха, охваченного возмущением, т. е. кубу пройденного расстояния. Резкое уменьшение интенсивности мощной ударной волны, наблюдаемое вблизи места взрыва, приводит в процессе распространения последней к быстрому падению давления в волне — амплитуда такой волны быстро уменьшается (рис. 2.40).

На рисунке видно, что ударная волна, сформировавшаяся (в отношении формы) уже на расстоянии 3,05 м от центра заряда, содержит две части — переднюю AB, включающую в себя фронт сжатия (разрыв непрерывности давления), и заднюю CD, являющуюся волной разрежения, распространяющейся вслед за ударной волной.

Давление невозмущенного воздуха, находящегося справа от точки А, расположенной на расстоянии 3,05 м от центра заряда

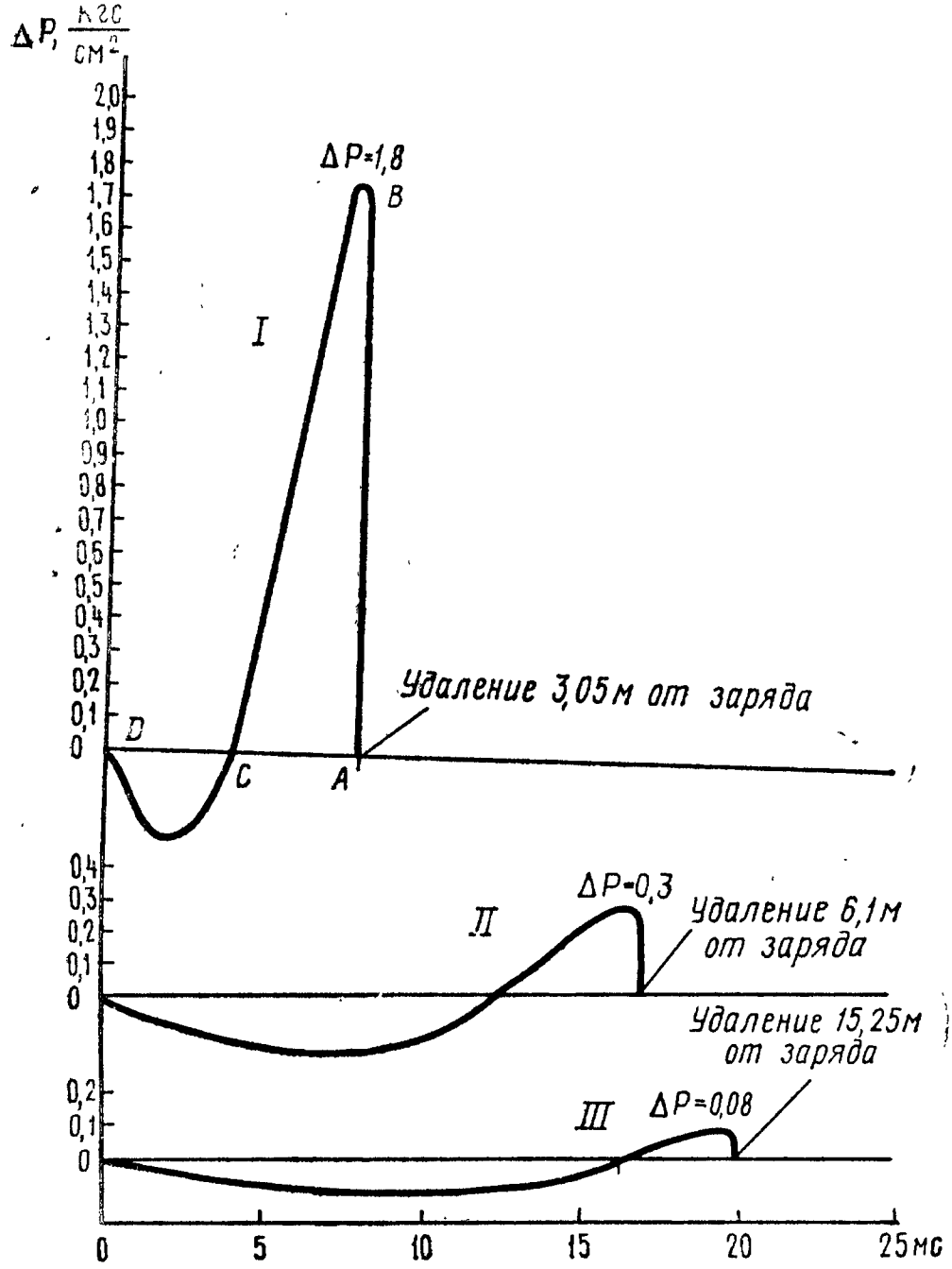


Рис. 2.40. Зависимость распределения избыточного давления в ударной волне от расстояния до заряда

(для верхнего графика), при прохождении фронта AB ударной волны претерпевает почти мгновенный скачок от 1 до 2,8 кгс/см² (ординаты кривых выражают избыточное по отношению к атмосферному давление, которое для гребня B согласно масштабу на оси ординат равно примерно 1,8 кгс/см²).

После прохождения гребня волны происходит падение давления воздуха в рассматриваемой точке пространства до той величины, которая соответствует давлению невозмущенного воздуха (≈ 1 кгс/см²), после чего воздух в этом месте испытывает разрежение, продолжающееся до тех пор, пока через данную точку

пространства не пройдет вся волна разрежения *CD*. После прохождения волны разрежения воздух возвращается в прежнее невозмущенное состояние. Помещенный внизу рисунка масштаб времени позволяет оценить продолжительность пребывания воздуха в возмущенном состоянии при прохождении ударной волны.

Понятие «ударная волна» принято приписывать всей области, охваченной возмущением, т. е. области, избыточное давление которой отлично от нуля. Таким образом, на графиках, приведенных на рис. 2.40, этому понятию ударной волны соответствует расстояние *AD* (отрезок *AD* называют глубиной волны).

Глубина волны характеризует продолжительность процесса прохождения всей волны через неподвижную точку пространства. На графике I глубина волны равна примерно 8 мс. Так как ударная волна не является акустическим колебанием, происходящим со строгой периодичностью, понятие «период колебания» в строгом значении этого слова неприменимо к ней. Однако расстояние *AC* иногда условно называют полупериодом ударной волны, а расстояние *AD* — периодом ударной волны. На рисунке, который не отображает полной картины колебаний, вызванных ударной волной, период волны равен ее глубине, в действительности глубина волны обычно превосходит период.

По той же причине к ударной волне нельзя отнести и другое понятие — «амплитуда колебания». Однако условно применяют выражение «амплитуда давления ударной волны», подразумевая под этим разность давлений в точках *A* и *B* кривой.

На рисунке видно, что за периодом сжатия следует волна разрежения, которая увеличивает свою глубину по мере удаления от места взрыва.

Скорость ударной волны находится в большой зависимости от амплитуды давления — с уменьшением амплитуды скорость волны тоже уменьшается.

Ударная волна, так же как и акустическая, несет в себе энергию. Общий запас энергии в ударной волне, образованной взрывом заряда ВВ, достигает в непосредственной близости от места взрыва (точнее, от заряда) величины, которая составляет 30—40% энергии, выделенной при взрыве, т. е. той же величины, какой обладает артиллерийский снаряд, выброшенный из орудия взрывом аналогичного заряда.

При взрыве заряда, находящегося на поверхности земли, можно считать, что фронт образовавшейся ударной волны имеет форму полусферы, состоящей из частиц воздуха, отброшенных ПВ с огромной силой на некоторое расстояние. В результате сдвига воздушных масс и последующего охлаждения ПВ в том месте, где произошел взрыв, через некоторое время возникает область разрежения, в которую устремляется окружающий воздух под влиянием разности давлений. Нахлынувшие со всех сторон к месту взрыва массы воздуха вновь создают область повышенного давления, что, в свою очередь, приводит к новому, но уже более слабому разрежению атмосферы, и т. д. Таким образом, место

бывшего взрыва становится очагом дополнительных возмущений атмосферы, носящих затухающий характер. Так как эти дополнительные колебания воздуха в районе взрыва протекают сравнительно медленно, с большим периодом колебаний и не сопровождаются резкими импульсами давлений, возникающие при этом волны будут акустическими, именно инфразвуковыми. Подобные инфразвуковые волны распространяются в атмосфере вслед за ударной волной и несколько растягивают запись взрыва или выстрела на ленте регистрирующего прибора. Крутизна скачка давления в волне, приходящей к звукоприемнику и образующейся из ударной волны, зависит от количества взорвавшегося ВВ, от скорости горения ВВ и от расстояния, пройденного этой волной от места своего возникновения. При быстром взрыве малого количества ВВ вследствие малой продолжительности процесса взрыва эта волна приобретает крутой скачок давления и нами воспринимается в форме резкого, отрывистого, болезненно-неприятного и «сухого» звука, например выстрел 76-мм пушки. Наоборот, взрыв большого количества ВВ, занимающий сравнительно большое время, создает волну с менее крутым скачком давления и с большим полупериодом и приводит к восприятию ухом более мягкого звука (выстрел 152-мм гаубицы).

По мере распространения ударной волны крутизна скачка давления в ней постепенно уменьшается.

Основные физические величины, характеризующие ударную волну и отличающие ее от акустической, — скорость распространения и амплитуда давления быстро уменьшаются в процессе распространения и приближаются к значениям, свойственным акустическим волнам.

Практически можно считать, что такое вырождение ударной волны в акустическую происходит на расстоянии 500—1000 м (в зависимости от величины заряда или калибра орудия) от места возникновения ударной волны. Так как практически дальности засечек в звуковой разведке в несколько раз больше указанных расстояний, волны, достигающие звукоприемников при выстрелах орудий противника и при разрывах своих снарядов, можно рассматривать как акустические, обладающие скоростью звука.

Звуковая разведка, определяющая координаты стреляющих орудий противника по звуку выстрелов, не учитывает в работе тот факт, что ударная волна в начале своего существования обладает скоростями, во много раз превосходящими скорость распространения акустических волн, т. е. скоростью звука. Это обстоятельство не может отразиться на точности получаемых координат, ввиду того что в основе современной звуковой разведки лежит метод разности времени, для которого имеет значение величина скорости звука выстрела вблизи акустической базы, а не вблизи выстрелившего орудия.

Следует подчеркнуть, что это замечание справедливо по отношению приема ударных волн, возникающих при артиллерийской стрельбе, но не может быть отнесено к ударной волне ядерного

взрыва. При ядерном взрыве возникает ударная волна очень большой мощности, которая, распространяясь с переменной (хотя и убывающей) скоростью, достигает местоположения звукоприемников, далеко не переродившись в звуковую волну, как это имеет место при артиллерийской стрельбе. Имея разную скорость распространения такой волны в момент достижения ею звукоприемников акустической базы, к тому же и неизвестную нам по величине, метод разности времени для определения направления на эпицентр ядерного удара становится непригодным. Следует заметить, что и звукоприемники в этом случае, как правило, будут все выведены из строя. Поэтому среди задач, решаемых звуковой разведкой артиллерии, нет такой, как определение координат эпицентров ядерных ударов.

Дульная волна

Выстрел из орудия может сопровождаться образованием следующих разновидностей ударных волн:

дульной волны, возникающей всегда вблизи дульного среза выстрелившего орудия;

баллистической волны, образующейся на траектории полета снаряда, но не всегда, а только тогда, когда снаряд летит со сверхзвуковой скоростью;

волны падения, возникающей при ударе неразорвавшегося снаряда о препятствие (землю, блиндаж и пр.);

волны разрыва, появляющейся в момент разрыва снаряда.

Кроме того, при применении противником специальных боеприпасов могут образоваться ударные волны:

от работающих твердотопливных двигателей активно-реактивных снарядов;

в момент отстрела донного пиротехнического газогенератора (насадки) у снарядов так называемой улучшенной аэродинамической формы;

в момент выброса капсул с дымообразующим или осветительным составом у дымовых и осветительных снарядов;

в момент раскрытия кассет у кассетных боеприпасов с готовыми поражающими элементами;

в момент выброса отражателей из корпуса противорадиолокационных снарядов.

Наибольшее практическое значение имеют дульная волна и волна разрыва. Дульная волна используется звуковой разведкой при засечке местоположения орудий и минометов противника, а волна разрыва — при засечке разрывов снарядов своей артиллерии во время обслуживания стрельбы.

Баллистическая волна и волны, образующиеся при применении специальных боеприпасов, как зарождающиеся на траектории полета снаряда для звуковой разведки являются помехой, но могут дать дополнительные сведения, характеризующие стреляющую систему и применяемые боеприпасы.

Исследования показали, что при выстреле из орудия наблюдаются три явления, связанные с образованием дульной волны:

прорыв продуктов взрыва, происходящий между внутренней поверхностью канала ствола орудия и наружной поверхностью снаряда (вследствие плохой обтюрации) еще до вылета снаряда из орудия;

выброс (выхлоп) из канала ствола орудия сильно сжатых раскаленных и не полностью сгоревших продуктов взрыва (из-за недостатка кислорода в зарядной каморе), наблюдающийся непосредственно вслед за вылетом снаряда;

дополнительный взрыв этих выброшенных продуктов взрыва на открытом воздухе впереди ствола орудия, вызванный высокой температурой продуктов взрыва и их соприкосновением с кислородом воздуха.

Все три названные явления создают перед стволом орудия три волны сжатия, быстро следующие одна за другой в указанной очередности.

При взрыве продуктов взрыва, выброшенных из орудия при выстреле, происходит последний, самый мощный отброс частиц воздуха во все стороны (преимущественно вперед), сопровождающийся образованием мощной ударной волны. Вслед за этим, как при взрыве заряда взрывчатого вещества на открытом воздухе, происходят сравнительно медленные периодические колебания масс воздуха, служащие причиной возникновения длинных инфразвуковых волн.

Центром образования дульной волны (имеющей сферическую поверхность) принято считать ту точку в плоскости стрельбы, которой соответствует наибольшее давление, развивающееся в момент взрыва выброшенных продуктов взрыва. Центр дульной волны обычно удален от дульного среза орудия на несколько метров (3—5 м) в зависимости от начальной скорости снаряда.

Наблюдения показали, что амплитуды давлений в дульных волнах приблизительно прямо пропорциональны величинам зарядов. Этот вывод относится к самим дульным волнам, а не к их записям на ленте, так как амплитуды давлений дульных волн обычно искажаются при записи. На рис. 2.41 приведены для сравнения записи дульных волн, полученные при выстрелах двух разных орудий. Обе записи сделаны почти одновременно и на одном и том же пункте, находящемся от стрелявших орудий на одинаковом расстоянии (1400 м). Запись *а* получена от выстрела 240-мм пушки (заряд 58 кг, начальная скорость снаряда $V_0=800$ м/с, давление в канале $p=2400$ кгс/см^2), запись *б* — от выстрела 270-мм пушки (заряд 69 кг, $V_0=800$ м/с, $p=2650$ кгс/см^2). Следовательно, обеим записям соответствуют близкие по величине начальные скорости снарядов и давления, почти одинаковые метеоусловия, одинаковая продолжительность распространения волны в атмосфере (благодаря одинаковому расстоянию) и разные заряды, отличавшиеся массой один от другого почти на 20%. Мы видим, что амплитуда записи *б* тоже примерно на 20% превос-

ходит амплитуду записи *а*, что могло произойти только за счет влияния большего заряда.

Так как большему калибру орудия соответствует обычно больший заряд (как в приведенном примере), можно сделать вывод, что с увеличением калибра увеличивается и амплитуда давления. Зависимость между калибром орудия и амплитудой дульной волны имеет место только тогда, когда неизменны условия баллистического и метеорологического характера.

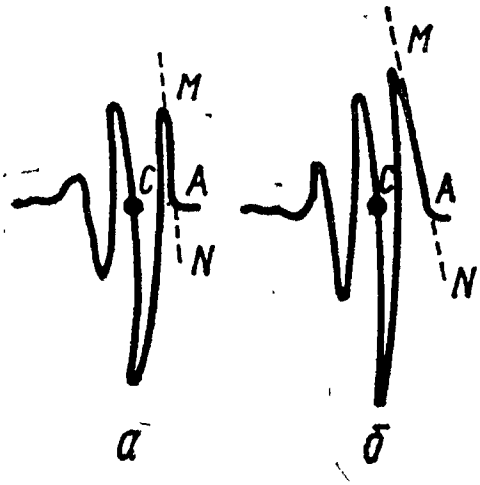


Рис. 2.41. Запись дульной волны выстрелов из пушек с зарядом:
а — массой 58 кг; *б* — массой 69 кг

Было замечено, что масса заряда, а вместе с ней и калибр орудия влияют не только на величину амплитуды давления, но и на величину периода дульной волны (расстояние AC). Обычно дульные волны, образующиеся при выстрелах орудий с более крупным калибром, обладают бóльшим периодом, чем волны, вызванные стрельбой из орудий малого калибра, при условии, что сравниваемым орудиям соответствуют примерно равные начальные скорости снарядов и давления в каналах стволов. При указанном условии зависимость между периодом дульной волны и калибром орудия почти прямо пропорциональна. Подтверждением может служить пример, рассмотренный на рис. 2.41.

Так как взрыв больших масс продуктов взрыва, выброшенных из орудия, протекает длительнее, чем при малых его количествах, нарастание давления во фронте дульной волны при больших зарядах также происходит на большем отрезке времени, чем при малых зарядах. На рис. 2.41 касательная MN у записи *б*, соответствующая выстрелу с большим зарядом, наклонена сильнее, чем у записи *а*.

Структура дульной волны (главным образом ее амплитуда) зависит от угла, образованного направлением распространения дульной волны и направлением стрельбы. При увеличении угла размеры записи дульной волны, как видно из рис. 2.42, очень сильно уменьшаются. При этом изменяется и вид кривой на записи (в частности, ослабевает резкость скачка давления).

Несмотря на существование некоторых зависимостей структуры дульной волны от баллистических условий выстрелов, установ-

ление по принимаемой звукоприемниками информации калибра орудия представляет собой на практике чрезвычайно трудную задачу. Трудности эти вызваны теми разнообразными и зачастую

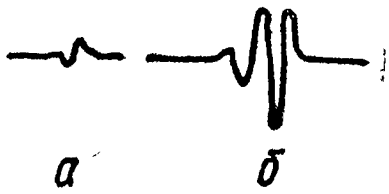


Рис. 2.42. Изменение характера записи дульной волны в зависимости от плоскости стрельбы:
а — при большом удалении; *б* — при малом удалении

очень сложными искажениями записей дульных волн, которые вносятся влиянием характера подстилающей поверхности и постоянно изменяющихся метеорологических условий.

Выстрелы, быстро следующие один за другим из одного и того же орудия (если стрельба производится в одинаковых условиях в баллистическом отношении), сопровождаются обычно получением мало отличающихся один от другого сигналов. Это справедливо в полной мере только для сигналов, принимаемых одним звукоприемником или двумя, расположенными на концах короткой акустической базы. Другие звукоприемники могут принять эти же сигналы, но другой формы и длительности, так как влияние метеорологических условий на распространяющуюся дульную волну может быть неодинаково в различных направлениях.

Если же промежуток времени между выстрелами будет настолько велик, что метеорологические условия успеют измениться, сигналы дульных волн от таких выстрелов могут различаться между собой очень сильно. На рис. 2.43 показаны записи двух дульных волн, принятых одним и тем же звукоприемником от выстрелов одного и того же орудия. Записи получены с расстояния 3900 м от орудия. Промежуток времени между выстрелами — не-

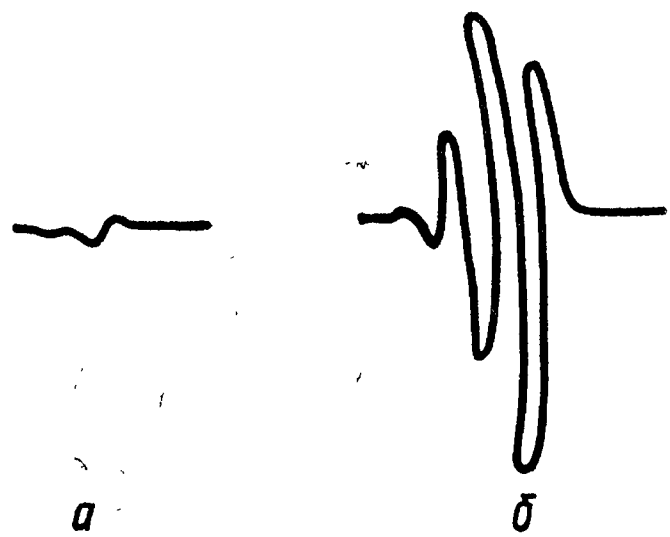


Рис. 2.43. Запись дульных волн одного и того же орудия при равных баллистических условиях, но при разных метеорологических условиях:
а — при неблагоприятных; *б* — при благоприятных

сколько месяцев. Условия стрельбы отличались только в метеорологическом отношении. Запись *б* получена при метеоусловиях, благоприятствовавших работе звуковой разведки, а запись *а* — при метеоусловиях, носивших неблагоприятный характер. Сравнивая обе записи, можно заметить, что запись *а* отличается от записи *б* меньшей амплитудой, менее крутым скачком давления, более закругленными углами кривой и укороченной хвостовой частью волны.

По мере увеличения проходимого волной расстояния происходит уменьшение амплитуды давления в волне. Это понятно, так как с амплитудой волны связана интенсивность, а последняя в процессе распространения всегда убывает вследствие сферической формы волны, явлений абсорбции и диффузии акустических волн. Степень убывания амплитуды волны обусловливается метеорологическим состоянием атмосферы и определяет качество записей на ленте, т. е. условия слышимости.

В процессе распространения дульной волны в атмосфере крутизна скачка давления постепенно уменьшается, а «вступление» волны (начало записи) размывается все больше и больше. Период дульной волны растет по мере ее распространения. В процессе распространения дульная волна, встречая на своем пути местные предметы, крутые обрывы, опушки леса и другие вертикальные преграды, отражается от них. Кроме того, всякая акустическая волна может отражаться (частично или полностью) и от разнообразных горизонтальных преград (подстилающая поверхность, слои температурной инверсии, слои с различными значениями скорости ветра и т. п.). Инородные (по своему физическому состоянию) области атмосферы могут стать дополнительным источником отраженных акустических волн. В процессе подобных отражений к звукоприемнику может подойти не только первоначальная волна, прошедшая кратчайшее расстояние, но и ряд отраженных волн. В результате происходящей при этом интерференции (наложения) волн запись дульной волны растягивается по времени и приобретает «хвост». Отсюда ясно, что, чем больший путь пройдет волна, тем больше отраженных волн примут участие в интерференции и тем больше станут глубина дульной волны и ее «хвост».

По мере дальнейшего распространения дульной волны в связи с непрерывно проявляющимся убыванием ее амплитуды глубина волны обычно сокращается за счет исчезновения в первую очередь колебаний с малой амплитудой.

Известно, что скорость распространения звуковых волн всегда несколько превосходит скорость распространения инфразвуковых волн. Это обстоятельство приводит к явлению дисперсии, т. е. к явлению, при котором звуковые волны обгоняют более низкочастотные волны — инфразвуковые. Ввиду незначительного различия в скоростях распространения звуковых и инфразвуковых волн дисперсия в дульной волне может иметь место только на больших расстояниях от места возникновения дульной волны. При неболь-

ших удалениях дисперсия незаметна, так как звуковые частоты, присутствующие в составе дульной волны, поглощены инфразвуковыми колебаниями. Явление дисперсии искажает начало записи дульной волны. Но наблюдается оно только при очень благоприятных условиях слышимости в атмосфере, так как при плохой акустической прозрачности воздуха звуковые волны абсорбируются атмосферой раньше, чем может проявиться дисперсия.

Так как точность работы звуковой разведки обусловливается, в частности, и правильностью определения начала приема дульной волны, при приеме сигнала одиночного выстрела точность засечки не зависит от глубины волны и наличия у нее «хвоста». Однако при записях группы выстрелов, быстро следующих один за другим, большая растянутость более ранней волны в глубину и наличие длинного «хвоста» у такой волны могут вызывать неверное выделение (из-за наложения) начала записи следующей, более поздней дульной волны. Поэтому растянутость записи — нежелательное явление в звукометрической практике. В значительной степени протяженность дульной волны зависит от того, в каком месте расположен звукоприемник, так как размещение его вблизи местных предметов, строений, крутых скатов и других вертикальных преград способствует отражению волн и увеличению «хвостов» у дульных волн.

Таким образом, по мере увеличения проходимого дульной волной расстояние наблюдаются следующие явления: амплитуда волны постепенно уменьшается; крутизна скачка давления во фронте волны постепенно уменьшается; начало записи закругляется и теряет резкость; период волны возрастает; глубина и «хвост» волны сначала увеличиваются, а затем (на больших дальностях) сокращаются; спектр волны подвергается изменениям, заключающимся в том, что в первую очередь исчезают из его состава колебания с более высокой частотой; усиливается эффект дисперсии до некоторого предела, после которого явление абсорбции звуковых волн приводит к исчезновению дисперсии.

Явление интерференции, наблюдаемое между «прямой» и отраженной дульными волнами, приводит не только к образованию «хвоста» у записи дульной волны, но и к удлинению всего сигнала в целом. Оно может в некоторых случаях вызывать искажение в определении начал последующих полезных сигналов.

Баллистическая волна

В тех случаях, когда артиллерийский снаряд летит со сверхзвуковой скоростью, он является причиной возникновения особой ударной волны, получившей название баллистической. Надо заметить, что способностью создавать на своем пути баллистическую волну обладает не только летящий артиллерийский снаряд, но и всякое тело (например, ружейная пуля, крыло самолета и т. д.), движущееся в воздушной среде со скоростью, превосходящей скорость акустических волн в этой среде, и являющееся источником баллистической волны.

Рассмотрим процесс возникновения баллистической волны во время полета снаряда.

Летящий снаряд, встречая частицы атмосферного воздуха (которые можно считать неподвижными, ввиду того что скорость снаряда во много раз превосходит скорость возможного ветра), отбрасывает эти частицы во все стороны от траектории. В результате происходит продолжительное уплотнение воздуха (сжатие) впереди снаряда, сопровождающееся некоторым повышением давления и сменяющееся затем разрежением. Таким образом, каждая выступающая часть снаряда, особенно головная, во время полета снаряда является непрерывным источником возмущений воздушной среды, наблюдаемых в каждой точке траектории. Эти возмущения среды в виде сферических акустических волн расходятся во все стороны со скоростью звука C_0 от места своего возникновения.

Если бы источник, порождающий подобные элементарные сферические волны, не двигался, а был бы неподвижен в точке M, положения таких сферических волн через равные промежутки времени изобразились бы на рисунке серией концентрических окружностей (рис. 2.44, *а*). При движении снаряда со скоростью, меньшей скорости звука ($V<C_0$), распространение элементарных сферических волн происходит так, как показано на рис. 2.44, *б*. Если же снаряд имеет сверхзвуковую скорость ($V>C_0$), распространение элементарных волн протекает согласно рис. 2.44, *в*. На ри-

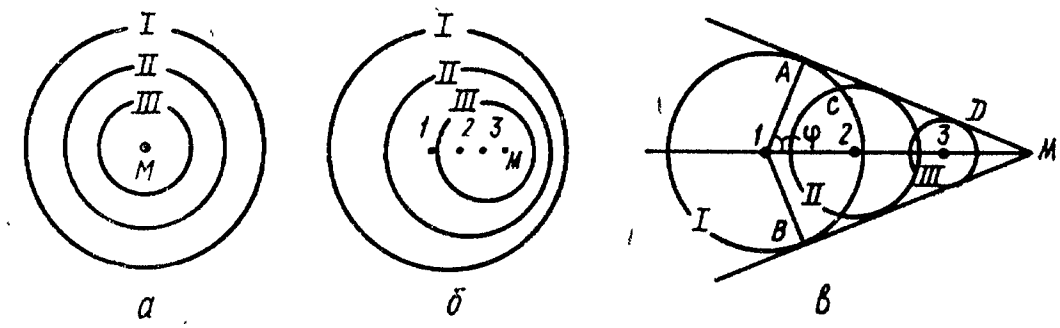


Рис. 2.44. Распространение сферической волны:

а — при неподвижном источнике звука; *б* — при движущемся источнике звука (с дозвуковой скоростью); *в* — при движущемся источнике звука (со сверхзвуковой скоростью)

сунках точками *1, 2, 3* и *M* показаны последовательные положения снаряда через равные промежутки времени, а окружностями I, II и III — положения тех элементарных сферических волн, которые возникли в точках *1, 2* и *3* траектории снаряда. Центры окружностей I, II и III лежат соответственно в точках *1, 2* и *3*.

Из рисунка видно, что волна I, образовавшаяся в точке *1*, приобрела к моменту прохождения снарядом точки *M* наибольшие размеры пропорционально утроенному промежутку времени, волна II, возникшая в точке *2*, — средние размеры и волна III, имеющая своим центром точку *3*, — наименьшие размеры. Волна, соответствующая точке *M* траектории, еще не успела развиться и поэтому на рисунке не показана.

В основу построения рис. 2.44 положены сравнения значений скорости снаряда V и скорости звука C_0. Действительно, мы видим, что взаимные расстояния между точками *1, 2* и *3* на рис. 2.44, *б* меньше радиуса самой малой окружности III, что указывает на условие $V<C_0$, а на рис. 2.44, *в* эти расстояния, наоборот, больше радиуса окружности III, что соответствует условию $V>C_0$.

Оба построения приводят нас к следующим заключениям. В случае, изображенном на рис. 2.44, *б*, положения и размеры сферических волн I, II и III, отвечающих одному и тому же моменту времени, исключают возможность образования общей касательной к ним поверхности («обертывающей»). Это означает невозможность слияния сферических волн в одну мощную ударную волну. Поэтому баллистическая волна при полете снаряда со скоростью, меньшей скорости звука, не возникает.

Совсем иной результат получается в случае, показанном на рис. 2.44, *в*. Элементарные сферические волны I, II и III приобретают общую касательную поверхность — «обертывающую» *AMB*. Надо иметь в виду, что в действительности число подобных сферических волн, порождаемых снарядом на рассматриваемом участке $I-M$ траектории, бесконечно велико и не ограничивается, конечно, только теми окружностями I, II и III, которые показаны на рисунке. Возникновение сферических волн наблюдается в каждой точке траектории. В месте расположения «обертывающей» поверхности *AMB* происходит слияние (сложение) всех элементарных сферических волн в одну мощную волну сжатия, так как всем этим сливающимся волнам соответствуют в точках слияния одинаковое направление распространения и одинаковая фаза (сжатие). Мощная волна сжатия, образующаяся в результате описанного сложения элементарных волн, приобретает характер ударной волны с крутым скачком давления. Это и есть баллистическая волна.

Из рисунка видно, что мощная ударная волна может возникнуть только на «обертывающей» поверхности, так как во всякую другую точку пространства, заключенного внутри телесного угла *AMB*, например в точку *C*, одновременно приходят только две элементарные волны (I и II — для того момента времени, к которому относится рисунок), и то с несовпадающими направлениями распространения.

Таким образом, при равномерном и прямолинейном движении снаряда со скоростью, превосходящей скорость звука, баллистическая волна имеет форму конической поверхности *AMB*, в вершине которой находится движущийся снаряд.

В различных точках фронта *AMB* баллистической волны интенсивность ее различна. Действительно, в точке *A*, например, интенсивность баллистической волны должна быть меньше, чем в точке *D*, так как элементарная волна I и группа слившихся с ней других (смежных) волн прошли при своем распространении бо́льшие пути, чем группа волн, соответствующая точке *D*. Вследствие

этого наибольшая интенсивность и наибольшая крутизна скачка давления баллистической волны наблюдаются вблизи точки M — непосредственно перед летящим снарядом. По мере удаления от точки M в направлениях A и B, т. е. по мере удаления от траектории, интенсивность баллистической волны постепенно ослабевает.

Если под действием сил трения скорость снаряда уменьшается и становится меньше скорости звука, наблюдается отделение баллистической волны от снаряда. Поэтому ошибочно представление о том, что снаряд якобы «толкает», «гонит» перед собой баллистическую волну.

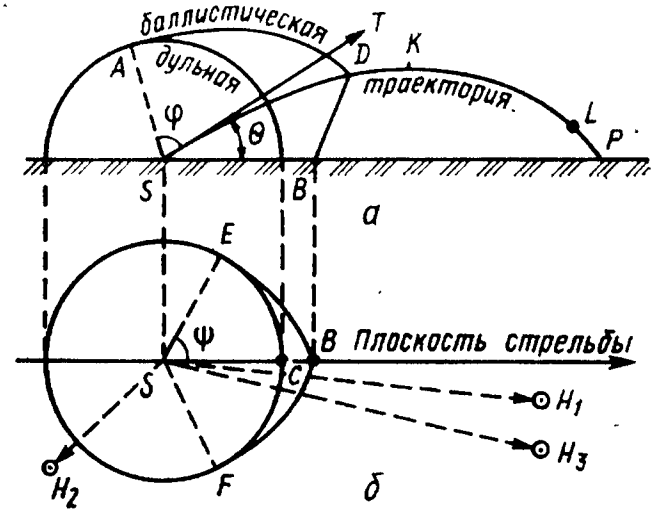


Рис. 2.45. Схема положения дульной и баллистической волн:
а — в плоскости стрельбы; *б* — в плоскости горизонта орудия

В реальных условиях траектория полета снаряда не является прямолинейной, а скорость снаряда не остается постоянной. Вследствие этого фронт баллистической волны в реальных условиях не представляет собой конической поверхности, а напоминает скорее яйцеобразную форму (рис. 2.45). На рисунке баллистическая волна показана вместе с дульной в двух проекциях — в вертикальной (в плоскости стрельбы) — *а* и в горизонтальной — *б*, где S — орудие; Θ — угол бросания; D — вершина баллистической волны и положение летящего снаряда; A — место слияния баллистической волны с дульной в вертикальной плоскости; E и F — места слияния баллистической волны с дульной в плоскости горизонта орудия; B — передняя часть фронта баллистической волны в плоскости горизонта орудия. Из рисунка видно, что баллистическая волна имеет форму шапки, надетой на сферическую дульную волну.

Снаряд, имеющий большую начальную скорость и летящий по настильной траектории, может сохранить сверхзвуковую скорость на всем протяжении траектории от S до P, несмотря на сопротивление воздуха. В этом случае баллистическая волна создается также на протяжении всей траектории и воспринимается наблю-

дателями H_1 и H_3 как одиночная волна. Если начальная скорость снаряда, постепенно убывая, становится меньше скорости звука в некоторой точке K (баллистическая волна не будет больше образовываться), созданная раньше баллистическая волна все же дойдет до наблюдателей, находящихся в точках H_1 и H_3. Наконец, может представиться такой случай, когда снаряд, потеряв свою сверхзвуковую скорость в точке K, вновь начинает двигаться со сверхзвуковой скоростью, например, в точке L (под влиянием силы тяжести или ускорителей). В этом случае наблюдатели H_1 и H_3 могут воспринять не одну, а две баллистические волны (не считая дульной).

Баллистическая волна как волна ударная относится к категории непериодических возмущений среды. Однако при полете снаряда наблюдается образование и таких возмущений, которые носят периодический характер (например свист снаряда при его полете). Свист летящего снаряда, хорошо слышимый ухом, вызывается главным образом вихревым движением воздуха за дном снаряда.

Начальный (вблизи траектории) скачок давления во фронте баллистической волны в несколько раз меньше, чем у дульной волны. В результате этого вырождение ударной баллистической волны в акустическую наблюдается раньше, чем у дульной волны. Практически уже на расстоянии нескольких десятков метров от траектории снаряда избыточное давление баллистической волны можно считать близким к нулю, а скорость ее распространения — равной скорости звука. Несмотря на это, в слуховом отношении баллистическая волна нередко (особенно на больших расстояниях от орудия) воспринимается громче, чем дульная. В то время как слуховое ощущение дульной волны на больших дальностях приема отличается обычно относительной глухотой и мягкостью, ощущение баллистической волны, порожденной тем же выстрелом, носит характер резкого, сухого и болезненно-неприятного звука. Отмеченное различие в слуховом отношении обеих волн объясняется двумя обстоятельствами: во-первых, тем, что в баллистической волне, достигающей наблюдателя, скачок давления обычно круче, чем в дульной, и, во-вторых, тем, что в спектре баллистической волны содержится больше воспринимаемых ухом звуковых частот, чем в спектре дульной волны. Первое обстоятельство вызвано тем, что баллистической волне, приходящей к наблюдателю всегда сверху, с траектории, приходится проходить более однородные и акустически прозрачные слои воздуха, чем дульной волне, поэтому у нее лучше, чем у дульной волны, сохраняется первоначальная структура.

Если в точке H_1 или H_3 (см. рис. 2.45, *б*) поместить звукоприемник, то он зарегистрирует сначала баллистическую волну EBF, а затем дульную ECF. Вследствие этого при выстреле орудия противника, сопровождающемся образованием баллистической волны, запись баллистической волны обычно предшествует записи дульной волны.

Засечка положения стреляющих орудий (минометов) противника по звуку осуществляется в результате обработки принятых сигналов лишь дульных волн. Обработка же сигналов баллистических волн нецелесообразна. По этой причине в автоматизированных комплексах имеется распознающее устройство — фильтры, которые, используя некоторое различие в спектрах частот дульной и баллистической волн, не выделяют начала принимаемых сигналов баллистической волны, считая ее помехой.

Из процесса распространения баллистической волны следует, что она может перемещаться только вперед — в сторону произведенного выстрела. Из рис. 2.45, *б* видно, что фронт *EBF* баллистической волны, движущейся вдоль земной поверхности вправо (согласно рисунку), может быть зарегистрирован только теми наблюдателями (звукоприемниками), которые расположены внутри угла *ESF,* и не может быть воспринят наблюдателем, находящимся, например, в точке H_2. Наблюдатель в точке H_2 услышит только дульную волну и, возможно, свист удаляющегося снаряда. Звукоприемники же, помещенные в точках H_1 и H_3, регистрируют обе волны — сначала баллистическую, затем — дульную.

Так как баллистические волны выстрелов своих орудий, так же как и их дульные волны, являются помехой в работе звуковой разведки, расположение звукоприемников в пределах угла *ESF* своих орудий нежелательно.

Угол *ESF,* иначе 2ψ (рис. 2.45, *б*), получил название сектора слышимости баллистической волны (для наблюдателей, расположенных на земной поверхности). Однако ввиду наличия при стрельбе угла бросания Θ угол ψ будет находиться не в горизонтальной плоскости и не характеризует сектор слышимости баллистической волны наземным наблюдателем. Угол же φ, образованный пересечением конуса баллистической волны с горизонтальной плоскостью, проходящей через орудие, изменяется при изменениях угла бросания Θ.

С увеличением угла Θ угол 2φ уменьшается. Кроме того, при постоянном значении угла бросания Θ с увеличением начальной скорости снаряда V_0 угол 2φ увеличивается. А им-то и определяется сектор раздельной слышимости баллистической и дульной волны.

При стрельбе под большим углом бросания и при небольших начальных скоростях, незначительно превосходящих скорость звука, т. е. при условиях, имеющих место обычно при стрельбе из гаубиц, рассматриваемый сектор слышимости или очень мал, или совсем отсутствует. Наоборот, при выстреле из пушки, которому обычно соответствуют большие V_0 и сравнительно небольшие углы Θ, сектор слышимости баллистической волны может достигать значений 120° (или $\varphi=60°$). Таким образом, расположение звукоприемников за пределами сектора, ограниченного углами в 60° по обе стороны от плоскости стрельбы ближайшего орудия, может

служить достаточной гарантией от помех, вызываемых баллистическими волнами своих выстрелов.

Большие значения угла Θ и малые величины начальной скорости V_0, присущие больше гаубице, чем пушке, объясняют, почему при стрельбе гаубицы противника на ленте регистрирующего прибора записывается обычно только одна дульная волна, а при стрельбе пушки может наблюдаться запись и дульной, и баллистической волн. Отсутствие записи баллистической волны на ленте при выстреле из зенитного орудия вызвано также большим углом бросания, исключающим появление сектора слышимости баллистической волны даже при больших начальных скоростях снарядов.

Как отмечалось, звукоприемник, расположенный в пределах сектора слышимости баллистической волны орудия противника, например в точках H_1 или H_3, сначала регистрирует прибытие баллистической волны EBF, а затем — дульной ECF. Отсюда следует, что промежуток времени между моментами прибытия к звукоприемнику обеих названных волн зависит от удаления звукоприемника от плоскости стрельбы. Наибольшее опережение дульной волны баллистической наблюдается в плоскости стрельбы, наименьшее — на продолжении отрезков SE и SF, где это опережение равно нулю, так как к звукоприемнику, находящемуся в точке E или F, обе волны приходят одновременно, слившись в одну. Опережение дульной волны баллистической волной увеличивается с удалением звукоприемника от орудия. Это видно, если сравнить отрезки aa' и bb' на рис. 2.46.

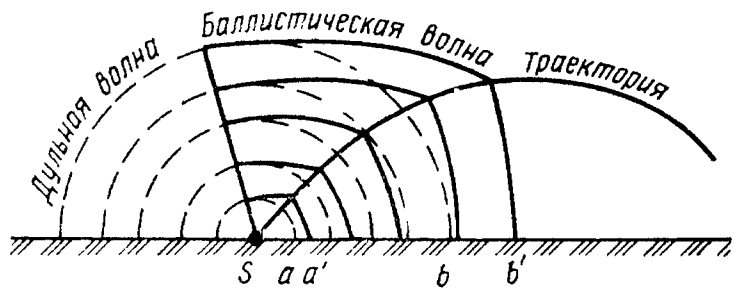


Рис. 2.46. Опережение дульной волны баллистической волной с увеличением расстояния от орудия

Волны от падения и разрывов снарядов

В спектре волны падения снаряда имеются не только инфразвуковые частоты, но и звуковые. Звуковые частоты более интенсивны в волнах падения, образующихся при падении тяжелых снарядов. Поэтому глухой звук от падения тяжелых снарядов напоминает звук орудийного выстрела.

Из-за малой интенсивности волна, образующаяся в результате падения снаряда, обладает значительно меньшим радиусом слышимости и практического значения не имеет.

Волна разрыва возникает вследствие взрыва заряда ВВ, заключенного внутри снаряда. Корпус снаряда усиливает внутреннюю упругость продуктов взрыва, способствует увеличению резкости скачка давления в волне разрыва.

Волна разрыва по структуре и записи очень похожа на дульную волну и отличается от нее только более крутым скачком давления, меньшей глубиной и несколько меньшей амплитудой. Структура волны зависит от толщины корпуса снаряда, от свойства ВВ заряда и в случае наземных разрывов — от характера подстилающей поверхности.

Амплитуда и резкость начал сигналов волны разрыва в значительной степени зависят от того, является ли разрыв снаряда воздушным или наземным. При воздушных разрывах сигнал волны разрыва регистрируется четко, в то время как прием информации о наземных разрывах на той же дальности и при том же калибре снаряда может совершенно отсутствовать (болотистая местность, глубокие сугробы и т. п.).

При установке взрывателя на мгновенное действие, когда момент разрыва совпадает с моментом падения, волна разрыва сливается с волной падения, являясь более интенсивной, чем волна падения, поглощает ее. При установке взрывателя на замедленное действие сначала возникает волна падения, а затем волна разрыва, причем интервал времени между моментами прихода обеих волн к звукоприемнику практически неощутим.

Звуковые волны-помехи

Дальнейшее совершенствование артиллерийских боеприпасов, стремление увеличить дальность стрельбы, придать снаряду свойства носителя элементов того или другого назначения привело к появлению на специальных снарядах устройств, являющихся дополнительными источниками звуковых волн.

У снарядов с активно-реактивными двигателями, включающимися на траектории, их работа создает звуковую волну, являющуюся помехой в работе аппаратуры звуковой разведки. Как правило, эта звуковая волна накладывается на сигналы дульной волны, и в автоматизированном подрежиме работы базных пунктов такие сигналы не обрабатываются. Однако при стрельбе на большие дальности звуковые волны реактивного двигателя будут подходить к звукоприемникам с тыла, что исключает их прием как полезных сигналов. У снарядов улучшенной аэродинамической формы при полете по нисходящей ветви траектории происходит отстрел донного пиротехнического газогенератора (насадки), что сопровождается возникновением звуковой волны, которая намного опережает дульную. Следует иметь в виду, что в связи со значительным увеличением дальности стрельбы такими боеприпасами (до 40—46 км) огневые позиции артиллерийских батарей противника в этих случаях могут быть развернуты на большем уда-

лении от переднего края (до 12 км), следовательно, сигналы дульной волны будут малой интенсивности.

У целеуказательных и осветительных снарядов в момент выброса капсул с дымообразующим составом и срабатывания вышибного заряда осветительного факела также возникает звуковая волна. Эта звуковая волна опережает подход к звукоприемникам дульной волны. Интенсивность ее, несмотря на малое количество взрывчатого вещества вышибного заряда, часто превышает интенсивность дульной волны, так как источник звука находится часто прямо над звукоприемниками, в воздухе. Если произойдет первичная обработка сигналов такой звуковой волны, информация, поступив в ЦВМ, обработана не будет, проекция точки засечки будет лежать ближе ближней границы полосы разведки (четверти длины геометрической базы), автоматически устанавливаемой в ЦВМ после ввода в нее данных о размещении базных пунктов. То же можно сказать о возникновении звуковых волн-помех при применении противником агитационных и противорадиолокационных снарядов. Разница будет лишь в высоте срабатывания вышибных зарядов.

При применении противником кассетных боеприпасов, которые имеют активно-реактивные двигатели, учитывая характер объектов, по которым возможно использование поражающих элементов, можно говорить о том, что звуковая волна от срабатывания заряда раскрытия кассет всегда будет подходить к звукоприемнику с тыла и рассматривается как помеха.

Глава 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ЗВУКОВЫХ ВОЛН

3.1. Методы определения местоположения стреляющих орудий (минометов), точек разрывов снарядов (мин)

Общие положения

В настоящее время не существует метода определения местоположения цели (репера, разрыва) пассивными приборами разведки с одной точки наблюдения.

Оптические, электронно-оптические, радиотехнические и другие приборы, не производящие каких-либо излучений, а лишь принимающие информацию в том или другом виде, дают каждый в отдельности возможность определить (кроме стереоскопических дальномеров) лишь направление на цель (пеленг) с точки своего стояния. Для определения местоположения целей с помощью таких приборов прибегают к решению задачи способом прямой засечки с нескольких точек. В звуковой разведке определение координат целей (реперов, разрывов) также производят решением прямой засечки по известным пеленгам на цель из центров не менее чем двух акустических баз. При этом определение координат может производиться одним из следующих методов:

графическим, при котором вся работа (как подготовительная, так и окончательная) выполняется путем графических построений;

аналитическим, при котором все работы производятся путем только вычислений;

смешанным, при котором часть работ производится вычислением, а окончательная работа непосредственно по решению засечки выполняется графическим построением.

Графический метод имеет то преимущество, что он очень нагляден, прост в отыскании грубых ошибок (промахов), но является наименее точным по получаемым результатам разведки. Поэтому в 1960 г. официальными документами этот метод из практики подразделений звуковой разведки был исключен.

Аналитический метод — наиболее точный из перечисленных, особенно при разведке дальних целей (при малых углах засечки), но требует большего времени и более квалифицированных вычислителей. Применение электронно-вычислительной техники сделало этот метод основным.

Смешанный метод — основной в подразделениях звуковой разведки, не имеющих ЭВМ, является вспомогательным в подразделениях, использующих вычислительную технику.

Любой из перечисленных методов определения местоположения источника звука требует знания направления на этот источник из двух-трех точек (центров акустических баз) с известными координатами. Акустическая база составляется не менее чем двумя звукоприемниками, расположенными на некотором расстоянии один от другого. Если звукоприемников два, акустическая база называется линейной, если три — треугольной, если четыре — крестообразной. Линейная база длиной 1000—1500 м называется длинной, длиной 300—600 м — короткой. Преимущество длинных акустических баз заключается в том, что ошибки из-за разброса отсчетов E_τ будут уменьшаться с увеличением длины базы. Однако длинные базы имеют и существенные недостатки: необходимость привязывать не одну точку на базе, а место стояния каждого звукоприемника. Из-за отсутствия взаимной видимости концов длинной базы нельзя производить непосредственное измерение дирекционного угла направления акустической базы. Для автоматизации обработки принимаемых звукоприемниками сигналов важно, чтобы параметры этих сигналов имели одинаковые искажения (это важно для отнесения принятой информации к одной и той же цели). Одинаковые изменения сигналов можно ожидать чаще в случае, когда звукоприемники расположены на коротких базах, так как звуковые лучи будут распространяться примерно в одинаковых условиях.

Для получения точных координат длина акустической базы должна быть в пределах 1000—1500 м, а при развертывании подразделения на коротких базах их длина составляет 300—600 м. Времени на развертывание на коротких базах затрачивается значительно меньше, однако все работы по измерению угловых и линейных величин необходимо производить не путем вычислений, а непосредственным промером с максимально допустимой точностью.

Одним из основных требований к точности засечки является то, что угол от направления директрисы на цель должен быть не более 7-00, а угол засечки — не менее 5-00. В связи с этим развертывание подразделения на коротких базах производится для разведки звучащих целей и обслуживания стрельбы на малых и средних дальностях. Расстояние между центрами крайних акустических баз называют геометрической базой.

Определение направления на источник звука методом разности времени

В основе метода определения направления на источник звука лежит метод, предложенный нашим соотечественником Н. А. Бенуа в 1909 г. и получивший название метода разности времени (рис. 3.1).

Метод разности времени основан на определении не времени прохождения звуком расстояний от места возникновения звука до каждого звукоприемника $t_п$ и $t_л$ в отдельности, а разности времени прихода звука к этим звукоприемникам. Эту разность времени принято обозначать буквой τ. Таким образом,

$$\tau = t_л - t_п.$$

Звуковая волна, возникшая в точке *Ц*, должна достигнуть сначала звукоприемника *П*, а несколько позже — звукоприемника *Л*. Дугой *КП* на рисунке показано положение звуковой волны в момент прохождения ею звукоприемника *П*. Этот момент регистрирующая аппаратура зафиксирует с высокой точностью (до 0,0005 с).

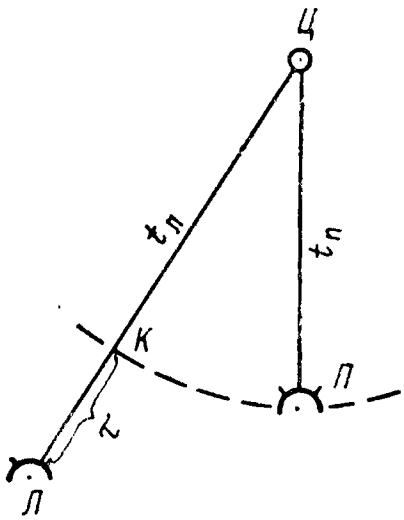


Рис. 3.1. Метод разности времени

Спустя некоторое время, необходимое для прохождения звуковой волной расстояния *КЛ*, фронт звуковой волны пройдет через точку Л и аппаратура зафиксирует точное время $t_л$ подхода звука к левому звукоприемнику акустической базы.

Поскольку нас интересует лишь разность времени, началом отсчета времени может быть любое время, например момент окончания проверки аппаратуры.

Метод разности времени не требует регистрации момента выстрела. Это обстоятельство позволяет звуковой разведке работать в условиях полного отсутствия видимости местности и противника.

Разность времени τ принято в звукометрической практике называть отсчетом. Отсчету τ приписывают знак («плюс» или «минус») в соответствии с формулой $\tau = t_л - t_п$. При $t_л > t_п$ (цель находится ближе к правому звукоприемнику) отсчет считается положительным, а при $t_л < t_п$ (цель находится ближе к левому звукоприемнику) — отрицательным.

Для определения положения звучащей цели методом разности времени необходимо иметь не менее двух отсчетов, следовательно, на местности не менее двух акустических баз. При наличии только одной акустической базы метод разности времени не дает возможности определить местоположение источника звука, так как

на местности существует бесчисленное множество точек, соответствующих одному и тому же отсчету, полученному с помощью только одной базы.

Совокупность подобных точек образует кривую, называемую гиперболой.

При наличии на местности второй акустической базы мы получим возможность иметь второй отсчет, которому будет соответствовать другая гипербола. Пересечению же обеих гипербол соответствует только одна точка на местности. Эта точка и есть местоположение звучащей цели.

Таким образом, задача определения координат звучащей цели сводится к задаче определения координат точки пересечения двух гипербол. В математике гипербола определяется как геометрическое место точек, разность расстояний которых до двух данных точек (фокусов) есть величина постоянная и равная длине вещественной оси гиперболы.

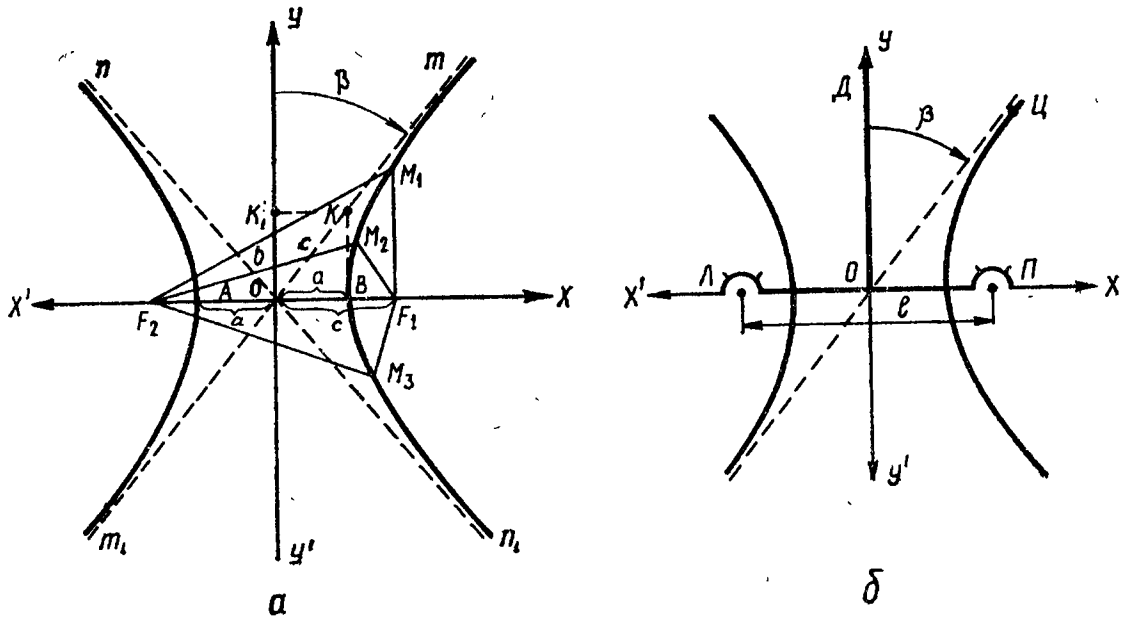


Рис. 3.2. Сопоставление элементов гиперболы с элементами акустической базы

На рис. 3.2, *а* показаны начало координат в точке *O*, координатные оси *XX'* и *YY'*, гипербола, состоящая из двух ветвей, симметрично расположенных относительно координатных осей, фокусы F_1 и F_2, вершины *A* и *B* гиперболы и две пунктирные прямые линии mm_1 и nn_1, называемые асимптотами гиперболы.

Расстояние от начала координат (центра гиперболы) *O* до вершины *A* или *B* принято в математике обозначать через *a*, а до фокуса F_1 или F_2 — через *c*. Расстояние между вершинами *A* и *B* гиперболы будет тогда равно *2a* (это расстояние называется длиной вещественной оси гиперболы). Расстояние между фокусами F_1 и F_2 равно 2c (фокусное расстояние гиперболы).

Из определения гиперболы следует, что для любой точки *M*, взятой на гиперболе, справедливо следующее соотношение:

$$MF_2 - MF_1 = 2a.$$

Асимптотой гиперболы называется такая прямая mm_1 или nn_1, которая проходит через центр гиперболы O и касается ветвей гиперболы в бесконечно удаленных точках. По мере удаления от центра гиперболы расстояние между ветвью гиперболы и соответствующей асимптотой непрерывно уменьшается и в бесконечности делается равным нулю. Гипербола имеет две асимптоты.

Если из любой вершины гиперболы, например из вершины B, восстановить перпендикуляр к оси XX' до пересечения с асимптотой в точке K, получится прямоугольный треугольник OKB, гипотенуза которого OK, как доказывается в математике, будет равна c, т. е. расстоянию от O до фокуса. Величина отрезка K_1O, равного KB, принято обозначать буквой b и называть мнимой полуосью гиперболы. Стороны указанного треугольника связаны между собой соотношением

$$c^2=a^2+b^2. \tag{3.1}$$

В аналитической геометрии выводится следующее уравнение гиперболы:

$$x^2/a^2-y^2/b^2=1. \tag{3.2}$$

В этом уравнении a и b — постоянные величины для данной гиперболы, являющиеся ее действительной и мнимой полуосями (параметрами гиперболы), x и y — переменные величины, являющиеся текущими координатами гиперболы, т. е. координатами той или иной точки, принадлежащей кривой.

Сопоставляя элементы гиперболы с элементами акустической базы (рис. 3.2, *б*), можно сказать следующее:

роль фокусов F_1 и F_2 гиперболы играют звукоприемники $П$ и $Л$ (рис. 3.2, *б*) акустической базы;

фокусное расстояние $2c$ гиперболы есть длина акустической базы l;

центр гиперболы O совпадает с центром акустической базы;

направление координатной оси XX' совпадает с направлением базы;

направление оси YY' совпадает с направлением директрисы акустической базы;

звучащая цель $Ц$ является одной из точек M гиперболы, имеющей такую длину вещественной оси, которая численно равна разности расстояний до звукопостов, определяющей положение данной цели. Другой какой-либо цели $Ц_2$, имеющей другую разность расстояний до тех же двух звукопостов, будет соответствовать другая гипербола с другой длиной вещественной оси, т. е. другим взаимным расстоянием между вершинами. Однако общими, одинаковыми элементами у таких двух гипербол будут: расположение точек F_1, F_2 и O, следовательно, и фокусное расстояние $2c$ (вели-

чина b у обеих гипербол будет различная, что вытекает из соотношения (3.1).

Вывод о невозможности при методе разности времени засекать звучащие цели с помощью только одной акустической базы вытекает непосредственно из уравнения (3.2). Действительно, оно представляет собой уравнение с двумя неизвестными и может быть решено только при наличии второго уравнения с теми же неизвестными, т. е. при наличии системы двух уравнений. Второе уравнение, аналогичное уравнению (3.2), можно составить только тогда, когда на местности будет развернута вторая акустическая база и получен отсчет с нее. Совместное решение обоих уравнений позволит найти общие корни системы, которые явятся координатами точки пересечения двух гипербол и, следовательно, координатами звучащей цели (рис. 3.3).

Однако, подобное принципиальное решение задачи по определению координат цели встречает на практике большие трудности как при графическом способе, так и при аналитическом.

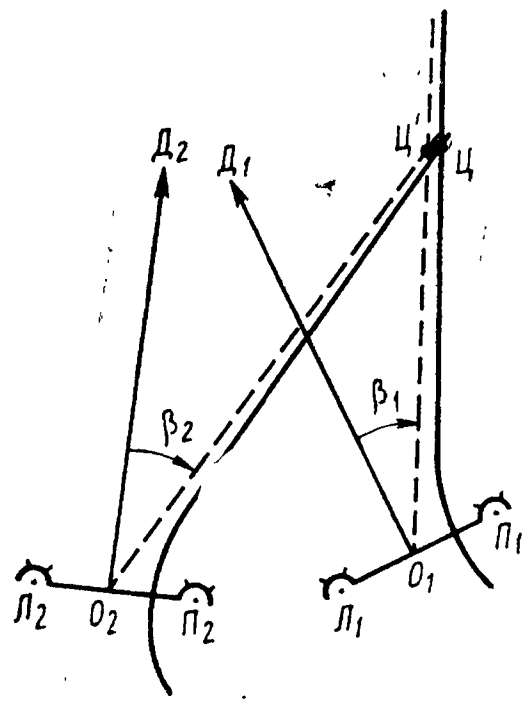


Рис. 3.3. Определение местонахождения цели по точке пересечения гипербол

Графическое решение задачи заставляет предварительно строить на планшете большое количество точек, удовлетворяющих определению гиперболы, и потом прочерчивать через них ветви гиперболы. Это обстоятельство приводит к значительной затрате времени и делает графический способ решения задачи неприемлемым для подразделения звуковой разведки.

Аналитический прием определения координат цели с помощью гиперболы потребовал бы алгебраического решения системы из двух уравнений, подобных (3.2).

При этом надо отметить, что решение системы уравнений осложнилось бы тем обстоятельством, что оба уравнения относятся к двум различным системам координат (системой координат гиперболы, выраженной одним уравнением, служат элементы одной акустической базы, системой координат для второго уравнения служат элементы другой акустической базы), поэтому потребовалось бы сначала привести координаты точек обеих гипербол к какой-то одной общей системе координат, а потом решать оба уравнения как систему. Большой объем математических действий делает и этот прием неприемлемым для использования его подразделением звуковой разведки в своей боевой работе даже при использовании ЭВМ.

Определение приближенного направления на цель из центра акустической базы

Задача отыскания направления на искомую точку непосредственно по известным разностям расстояний искомой точки до фокусов (точек стояния звукоприемников) $C\tau$ и фокусному расстоянию (длине акустической базы) l легко решается только для того частного случая, когда искомая точка бесконечно удалена от центра акустической базы. Уже говорилось, что асимптота проходит через центр гиперболы (центр акустической базы) и точку гиперболы, бесконечно удаленную от центра. Следовательно, направление асимптоты, например, $O_2Ц'$ (см. рис. 3.3) относительно директрисы $O_2Д_2$ определит направление только на бесконечно удаленную цель $Ц$ (угол β_2). Для других целей это будет приближенным направлением.

Уравнение асимптоты, отнесенное к осям гиперболы (см. рис. 3.2, *а*), имеет следующий вид:

$$y = \frac{\sqrt{c^2 - a^2}}{a} x,$$

где угловой коэффициент асимптоты $\frac{\sqrt{c^2 - a^2}}{a}$ есть тангенс угла наклона асимптоты к оси X:

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \beta) = \frac{\sqrt{c^2 - a^2}}{a}.$$

Сопоставив элементы гипербол с элементами акустической базы, можно записать:

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \beta) = \frac{\sqrt{l^2 - (C\tau)^2}}{C\tau}$$

или

$$\operatorname{ctg}\beta = \frac{\sqrt{l^2 - (C\tau)^2}}{C\tau}.$$

Перепишем это равенство:

$$\frac{\cos\beta}{\sin\beta} = \frac{\sqrt{l^2-(C\tau)^2}}{C\tau},$$

или, что то же самое,

$$\frac{\sqrt{1-\sin^2\beta}}{\sin\beta} = \frac{\sqrt{l^2-(C\tau)^2}}{C\tau}.$$

Взяв произведение крайних и средних членов пропорции и освободившись от радикалов, получим

$$(C\tau)^2 - (C\tau)^2\sin^2\beta = l^2\sin^2\beta - (C\tau)^2\sin^2\beta$$

или

$$(C\tau)^2 = l^2\sin^2\beta,$$

откуда

$$\sin^2\beta = (C\tau)^2/l^2.$$

Окончательно можно записать:

$$\sin\beta = C\tau/l. \qquad (3.3)$$

Точно так же для любой другой акустической базы может быть легко рассчитан синус угла β, а следовательно, и сам угол β, характеризующий направление, но на бесконечно удаленную цель.

Формулу (3.3) принято называть основной звукометрической формулой. В правой ее части стоят три величины, легко определяемые в практике работы. При этом значения величин l и C известны заранее, до начала разведки, и могут быть введены в ЭВМ заблаговременно. Отрицательное значение может принимать только величина τ.

Это и определяет отсчет угла β: влево от директрисы при τ отрицательной, вправо — при τ положительной.

Основная звукометрическая формула дает возможность определить правильное направление на цель с одной акустической базы только в том случае, когда выполняются следующие четыре условия:

цель находится бесконечно далеко;

отсчет τ не нуждается в исправлениях, вызванных ошибками аппаратуры, зарегистрировавшей отсчет;

отсутствует ветер, искажающий направление и скорость перемещения звуковой волны;

местность представляет собой плоскую горизонтальную поверхность.

В действительности эти условия невыполнимы, из-за чего приходится вводить поправки в значение угла β. Таких поправок несколько:

поправка на удаление цели ($\Delta\beta_n$), исправляющая ошибку, которую мы делаем, допуская местонахождение цели в точке пересечения асимптот, а не гипербол;

поправка на ветер ($\Delta\beta_w$), учитывающая влияние ветра на распространение звуковой волны;

поправка на превышение (понижение) цели ($\Delta\beta_h$), исключающая ошибку в направлении на цель, вызванную неодинаковой высотой расположения звукоприемников и цели;

поправка, исправляющая ошибку направления на цель, вызванную искажением регистрируемого значения τ.

3.2. Поправка на удаление цели

На рис. 3.4 показаны положение цели *Ц* на гиперболе; асимптота *Оm*, составляющая с директрисой базы угол β и представляющая собой приближенное направление на цель, проходящее несколько левее точки *Ц*; угловая ошибка $\Delta\beta_n$ в направлении на цель, вызванная тем, что при применении основной звукометрической формулы мы считаем цель находящейся не на гиперболе, а на асимптоте; истинное направление *ОЦ* на цель из центра *О* акустической базы, составляющее с директрисой угол β_n и учитывающее поправку на угловую ошибку $\Delta\beta_n$.

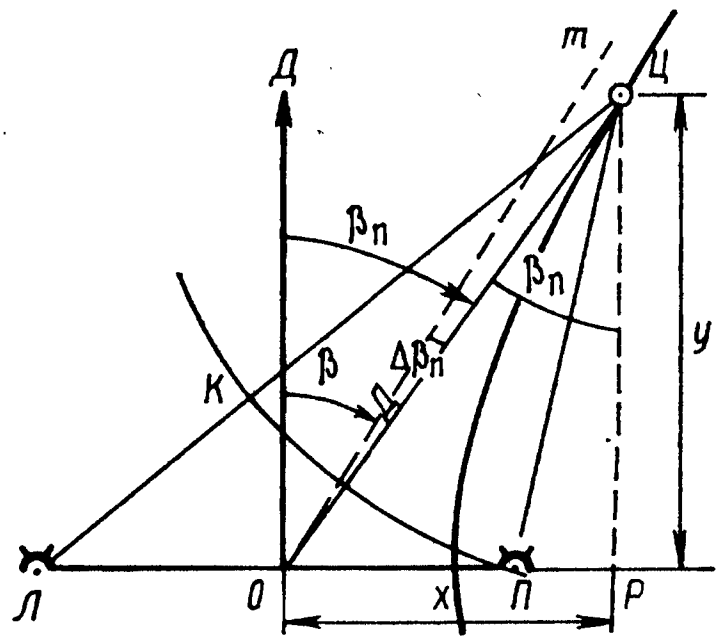


Рис. 3.4. Определение поправки на удаление цели

При выводе формулы будем считать, что ветра нет, местность представляет собой горизонтальную плоскую поверхность и разность времени подхода звука к звукоприемникам зафиксирована аппаратурой без инструментальных ошибок.

Известно, что цель, засеченная по звуку выстрела, должна находиться на одной из ветвей гиперболы. Следовательно, координаты точки *Ц* должны удовлетворять уравнению гиперболы (см. рис. 3.2, *а*):

$$x^2/a^2 - y^2/b^2 = 1.$$

С другой стороны, те же координаты цели должны удовлетворять равенству $x^2+y^2=Д^2$, в котором $Д$ — расстояние от центра O базы до цели $Ц$. Выразив квадрат катета y через гипотенузу $Д$ и катет x и подставив в уравнение гиперболы, получим

$$x^2/a^2-(Д^2-x^2)/b^2=1.$$

Приведем полученное уравнение к общему знаменателю и затем освободимся от этого общего знаменателя:

$$b^2x^2-a^2(Д^2-x^2)=a^2b^2.$$

Раскроем скобки и сгруппируем члены уравнения:

$$b^2x^2-a^2Д^2+a^2x^2=a^2b^2;$$

$$x^2(a^2+b^2)=a^2(Д^2+b^2).$$

В соответствии с рис. 3.2 и формулой (3.1) заменим a^2+b^2 на c^2 и решим уравнение относительно x:

$$x^2=\frac{a^2(Д^2+b^2)}{c^2};$$

$$x=\pm\sqrt{\frac{a^2}{c^2}(Д^2+b^2)}=+\frac{a}{c}\sqrt{Д^2+b^2} \qquad (3.4)$$

(знак «минус» опущен потому, что согласно рис. 3.4 $x>0$).

Разделим обе части равенства на $Д$ (причем в правой части равенства разделим на $Д$ второй множитель, введя $Д$ под знак радикала):

$$\frac{x}{Д}=\frac{a}{c}\sqrt{\frac{Д^2}{Д^2}+\frac{b^2}{Д^2}}=\frac{a}{c}\sqrt{1+\frac{b^2}{Д^2}}.$$

Из рис. 3.4 видно, что $x/Д=\sin\beta_n$, а $a/c=\sin\beta$, тогда

$$\sin\beta_n=\sin\beta\sqrt{1+\frac{b^2}{Д^2}}. \qquad (3.5)$$

Допустим, что под знаком радикала стоит полный квадрат вида $(1+b^2/2Д^2)^2$.

Подобное допущение неверно, но ошибка, связанная с ним, пренебрежимо мала. Это объясняется тем, что $(1+b^2/2Д^2)^2=1+b^2/Д^2+b^4/4Д^4$.

Видно, что величина полного квадрата, приведенного выше, отличается от величины подкоренного выражения в уравнении (3.4) на $b^4/4$, но b всегда меньше $Д$ в несколько раз, так как катет b меньше гипотенузы c, где $c=l/2$, а $Д$ больше b в несколько раз. Например, $l=1000$ м, а $Д=5000$ м, следовательно, $c=500$ м, а так как $b<c$, то $b/500<1/10$ или $b/Д<1/10$. Тогда $b^4/4Д^4<1/40\,000$.

В результате принятого допущения получаем возможность произвести извлечение корня (оно будет приближенным) и записать:

$$\sin\beta_n = \sin\beta\,(1+b^2/2Д^2)$$

или

$$\sin\beta_n = \sin\beta + (b^2/2Д^2)\sin\beta.$$

Согласно сущности поправки на удаление как поправки к $\sin\beta$ можно написать:

$$\sin\beta_n = \sin\beta + \sin\Delta\beta_n.$$

Сравнив между собой последнее равенство с предыдущим, получим

$$\sin\Delta\beta_n = (b^2/2Д^2)\sin\beta.$$

Расстояние $Д$ от центра базы до цели принято измерять числом n (количеством акустических баз l, укладывающихся в этом расстоянии, т. е. $Д/l=n$, откуда $Д=ln$ или $Д=2cn$), если принять во внимание, что $l=2c$, где $2c$ — фокусное расстояние гиперболы.

Подставив в предыдущую формулу для $\sin\beta_n$ вместо $Д$ произведение $2cn$, получим

$$\sin\Delta\beta_n = (b^2/2\cdot 4c^2n^2)\sin\beta.$$

Заменив в правой части последнего равенства b/c на $\cos\beta$, получим формулу поправки $\sin\Delta\beta_n$:

$$\sin\Delta\beta_n = (\cos^2\beta\sin\beta)/8n^2. \qquad (3.6)$$

Из этой формулы видно, что знак поправки $\sin\Delta\beta_n$ определяется знаком $\sin\beta$, так как $\cos^2\beta$ и $8n^2$ всегда положительны. Таким образом, знак поправки $\sin\Delta\beta_n$ всегда одинаков со знаком $\sin\beta$.

Из формулы (3.6) следует, что $\sin\Delta\beta_n$, а следовательно, и сам угол $\Delta\beta_n$ зависят в основном только от двух величин: n и β. С увеличением n, т. е. с удалением цели, поправка $\Delta\beta_n$ быстро уменьшается. Именно с увеличением n в 2, 3, 4 и более раз поправка уменьшается соответственно в 4, 9, 16... раз (при неизменном значении β).

Зависимость $\Delta\beta_n$ от β несколько сложнее, так как с увеличением всякого угла от 0 до 90° синус этого угла растет, а косинус убывает. Из тригонометрии известно, что в пределах углов от 0 до 45° быстрее изменяется синус, чем косинус, а в пределах углов от 45 до 90°, наоборот, быстрее изменяется косинус, чем синус. Так как звуковой разведке в своей практике приходится иметь дело обычно с углами $\beta<45°$, т. е. с углами, при которых основное влияние на $\Delta\beta_n$ оказывает синус, а не косинус, с увеличением угла β поправка $\Delta\beta_n$ тоже растет.

Если числитель и знаменатель правой части формулы (3.6)

умножить на 2 и применить следующую формулу из тригонометрии $\sin 2\beta = 2\sin\beta\cos\beta$, то можно получить другое выражение для поправки на удаление:

$$\sin\Delta\beta_n = (\sin 2\beta\cos\beta)/16n^2 \qquad (3.7)$$

или

$$\Delta\beta_n = \arcsin[(\sin 2\beta\cos\beta)/16n^2]. \qquad (3.8)$$

В практике работы подразделения звуковой разведки поправку $\Delta\beta_n$ при ручной обработке находят не путем расчетов по формуле, а с помощью специальной таблицы (см. табл. 3.1). Сначала рассчитывают значение n согласно формуле $n = Д/l$, что можно сделать только после засечки цели, когда появляется возможность узнать $Д$. Поэтому $Д$ определяют или до центра района особого внимания, в котором предположительно находится засеченная цель, если это удалось установить, или используя доклад с поста наблюдения и связи о местонахождении выстрелившего орудия противника.

Таблица 3.1

Поправка в направление в зависимости от удаления и направления на цель

n	Угол β														
	0-50	1-00	1-50	2-00	2-50	3-00	3-50	4-00	4-50	5-00	5-50	6-00	6-50	7-00	7-50
1,6	3	5	8	10	12	14	16	18	20	21	22	23	24	24	24
1,8	2	4	6	8	10	11	13	14	16	17	18	18	19	19	19
2,0	2	3	5	6	8	9	10	12	13	14	14	15	15	16	16
3,0	1	1	2	3	3	4	5	5	6	6	6	7	7	7	7
4,0	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4
5,0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6,0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
7,0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8,0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Примечание. Поправки имеют знак угла β.

После этого на той горизонтальной строке таблицы поправок, которая соответствует найденному числу n, читают ответ в графе, относящейся к наиболее близкому значению угла β. Знак $\Delta\beta_n$ устанавливают в соответствии с правилом: знак поправки всегда одинаков со знаком угла β. Анализируя таблицу поправок на удаление, приходим к выводу, что при $n>9$ значения поправок стремятся к нулю. Это, в свою очередь, означает, что при работе на коротких акустических базах (300—400 м) при дальностях до целей, которые не будут меньше чем 3—4 км, а значит, $n>10$, необходимость введения поправки на удаление отпадает.

Это позволило в алгоритме ЦВМ автоматизированных звукометрических комплексов, всегда работающих на коротких акустических базах, поправку на удаление опустить.

3.3. Поправка на ветер

Влияние ветра на звуковую волну, распространяющуюся в атмосфере, рассматривалось в подразд. 2.5. Там было показано, что это влияние двояко: продольная составляющая ветра изменяет скорость звука в соответствии с формулой $C_W = C + W\cos\gamma$, а боковая смещает центр волны в сторону направления ветра на угол $\Delta\beta_W$, причем было установлено, что $\sin\Delta\beta_W = (W/C)\sin\gamma$, где C — скорость звука при отсутствии ветра, W — скорость ветра, C_W — скорость звука при наличии ветра, γ — угол, образованный направлением на ту точку горизонта, куда дует ветер, и направлением от источника звука к центру акустической базы.

В соответствии с двояким влиянием ветра необходимо рассмотреть отдельно влияние каждой составляющей ветра на величину угла β, а поправку на ветер $\Delta\beta_W$ выразить как сумму двух поправок:

$$\Delta\beta_W = \Delta\beta'_W + \Delta\beta''_W, \qquad (3.9)$$

где $\Delta\beta'_W$ — поправка, вызванная влиянием продольной составляющей ветра;

$\Delta\beta''_W$ — поправка, вызванная влиянием боковой составляющей ветра.

Поправка на искажение угла β, вызванное влиянием продольной составляющей ветра. В основе влияния продольной составляющей ветра на величину угла β лежит изменение скорости звука, поэтому рассматриваемую поправку $\Delta\beta'_W$ можно назвать поправкой на изменение скорости звука под влиянием ветра.

На рис. 3.5 показаны акустическая база с директрисой $ОД$, истинное положение цели в точке $Ц$ и разложение действительного ветра W на две составляющие — на продольную W_x и боковую W_z, причем $W_x = W\cos\gamma$, а $W_z = W\sin\gamma$.

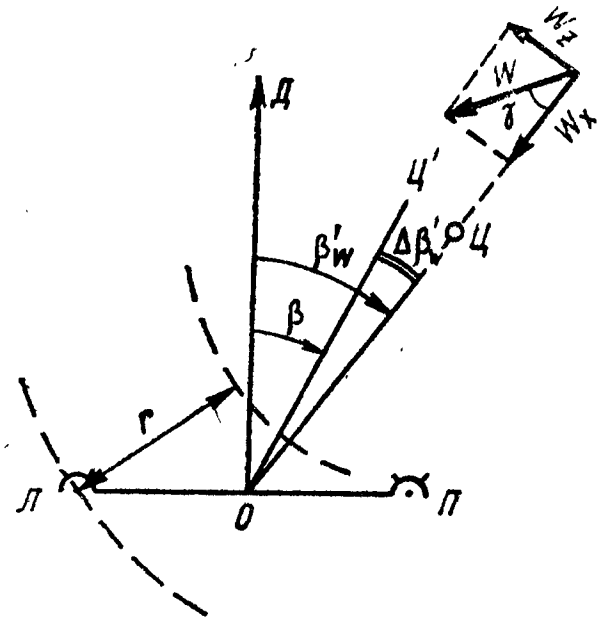


Рис. 3.5. Искажение направления на цель под влиянием продольной составляющей ветра

Влияние боковой составляющей ветра в данном пункте рассматривать не будем, т. е. предположим, что $W_z=0$.

Известно, что отсчет τ представляет собой время, затрачиваемое звуком выстрела на прохождение расстояния r (разность расстояний от мест установки звукоприемников до цели). Между тем τ зависит от скорости звука, так как $r=C\tau$. Например, если направление продольной составляющей ветра совпадает с направлением распространения звука, то отсчет τ будет несколько меньше того отсчета, который был бы в неподвижном воздухе. В результате этого $\sin\beta$ (а следовательно, и угол β), рассчитанный на основе такого уменьшенного отсчета τ, будет тоже несколько меньше истинного угла β'_w, а направление на цель, соответствующее углу β, пройдет левее точки $Ц$ и будет ошибочным. Найденное направление на цель $ОЦ'$ будет отличаться от истинного направления $ОЦ$ на величину угла $\Delta\beta'$. В случае если продольная составляющая ветра будет встречной для звука, ошибочное направление $ОЦ'$ пройдет на рисунке правее $ОЦ$.

Таким образом, истинному направлению на цель соответствует не угол β, а β'_w, т. е. угол, получаемый при учете изменения скорости звука под влиянием продольной составляющей ветра ($C_w=C+W\cos\gamma$):

$$\sin\beta'_w=C_w\tau/l=(C+W\cos\gamma)\tau/l=C\tau/l+W\tau\cos\gamma/l=$$
$$=\sin\beta+W\tau\cos\gamma/l.$$

Сравнив полученное равенство с равенством

$$\sin\beta'_w=\sin\beta+\sin\Delta\beta'_w,$$

вытекающим из сущности самой поправки $\sin\Delta\beta'_w$, получим

$$\sin\Delta\beta'_w=W\tau\cos\gamma/l.$$

После умножения и деления правой части последнего равенства на одну и ту же величину C (скорость звука), получим формулу для расчета $\Delta\beta'_w$:

$$\sin\Delta\beta'_w=CW\tau\cos\gamma/Cl=(W/C)\sin\beta\cos\gamma;$$

$$\Delta\beta'_w=\arcsin[(W/C)\sin\beta\cos\gamma]. \qquad (3.10)$$

Поправка на искажение угла β, вызванное влиянием боковой составляющей ветра. Боковая составляющая ветра смещает центр звуковой волны в сторону своего действия (рис. 3.6) на угол $\Delta\beta''$. На этом основании поправку $\Delta\beta''_w$ можно назвать поправкой на смещение центра звуковой волны.

Направление $ОЦ$ на цель, исправленное путем введения поправки на продольную составляющую $\Delta\beta'_w$ в значение угла β,

показано на рис. 3.6 с учетом влияния продольной составляющей ветра (W_x). Но оно будет изменено под влиянием боковой составляющей W_z на дополнительный угол $\Delta\beta''_w$ и пройдет левее цели *Ц* (по линии *ОЦ''*). Следовательно, для того чтобы это вторично искаженное направление на цель вернуть на прежнее место (т. е. сделать его вновь проходящим через точку *Ц*), надо в значение β'_w ввести дополнительную поправку $\Delta\beta''_w$, учитывающую влияние боковой составляющей ветра. Выведем формулу этой дополнительной поправки.

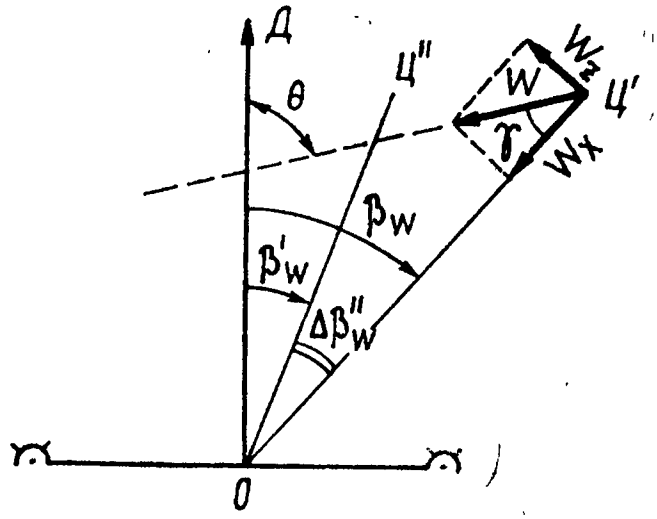


Рис. 3.6. Искажение направления на цель под влиянием боковой составляющей ветра

Из рисунка видно, что $\beta_w = \beta'_w + \Delta\beta''$, но равные углы имеют равные синусы, поэтому

$$\sin\beta_w = \sin(\beta'_w + \Delta\beta'') = \sin\beta'_w \cos\Delta\beta'' + \cos\beta'_w \sin\Delta\beta''.$$

Вследствие того что угол $\Delta\beta''$ очень мал, можно принять $\cos\Delta\beta'' = 1$. Тогда предыдущее равенство примет вид:

$$\sin\beta_w = \sin\beta'_w + \cos\beta'_w \sin\Delta\beta''.$$

Сравнив полученное равенство с равенством

$$\sin\beta_w = \sin\beta_w + \sin\Delta\beta''_w,$$

вытекающим из сущности поправки $\Delta\beta''_w$, получим

$$\sin\Delta\beta''_w = \cos\beta'_w \sin\Delta\beta''.$$

Учитывая, что $\sin\Delta\beta'' = (W/C)\sin\gamma$ [см. формулу (2.11)], можно написать формулу для расчета поправки на смещение центра звуковой волны:

$$\sin\Delta\beta''_w = (W/C)\cos\beta'_w \sin\gamma;$$
$$\Delta\beta''_w = \arcsin[(W/C)\cos\beta'_w \sin\gamma]. \qquad (3.11)$$

Суммарная поправка на ветер ($\Delta\beta_w$), учитывающая искажение угла β под влиянием обеих составляющих ветра. Подставив в равенство (3.9) значения отдельных слагаемых правой части равенства [формулы (3.10) и (3.11)], получим

$$\Delta\beta = \arcsin[(W/C)\ (\sin\beta\cos\gamma + \cos\beta'_w \sin\gamma)]. \qquad (3.12)$$

Из этого следует, что поправку на ветер в угол β можно рассчитать только после вычисления приближенного направления на цель, когда становятся известными углы β и γ. Заблаговременно поправку на ветер рассчитать не представляется возможным, а это означает, что при ручном счете (без применения ЭВМ) время определения координат целей увеличивается из-за расчета поправок на ветер. Поэтому в практике вычислительных работ подразделений звуковой разведки принято поправки на ветер считать не относительно направления на цель, а относительно директрисы каждой акустической базы. Дирекционный угол директрисы известен до начала разведки, данные о ветре — также, поэтому расчет поправок на ветер может быть произведен заблаговременно.

При ручном счете полученную поправку на ветер $\Delta\beta_w$ относительно директрисы вводят затем в приближенное направление на цель. Если учесть, что направление и скорость ветра постоянно изменяются и в момент регистрации времени подхода звуковой волны, как правило, не полностью соответствуют принятому к вычислению значению, то ошибка из-за допущения, что источник звука всегда находится на директрисе, очень незначительна.

При расчетах с помощью ЭВМ ввиду их быстродействия принята другая последовательность учета ветра.

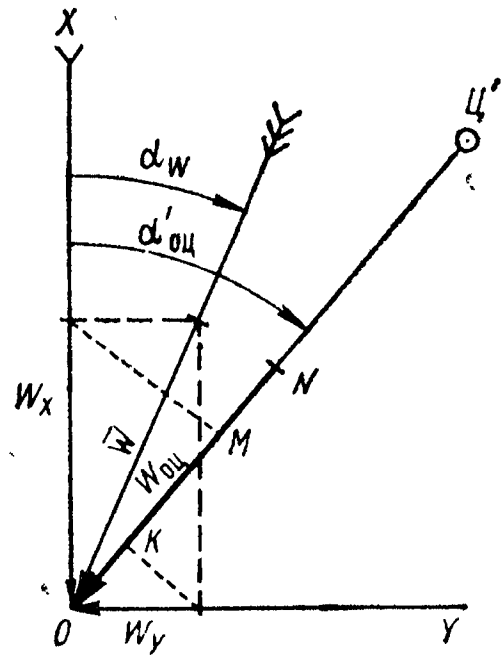


Рис. 3.7. Составляющие ветра W_x и W_y

После ввода в ЦВМ данных о ветре алгоритмом предусмотрено разложение вектора ветра $\overline{W}$ на две составляющие относительно координатных осей X и Y (рис. 3.7):

$$W_x = W\cos\alpha_w;\quad W_y = W\sin\alpha_w. \tag{3.13}$$

При проецировании этих составляющих на направление директрисы в вычислительной машине определяется результирующий вектор $W_{од}$ (отрезок OM, являющийся суммой векторов $\bar{K}O$ и $\bar{N}O$, рис. 3.8). По его значению вычисляется поправка на ветер относительно директрисы, которая используется после получения информации с базных пунктов для расчета приближенного направления на цель $\alpha'_{оц}$ (см. рис. 3.7). В зависимости от того, как направлен ветер относительно направления $ОЦ'$, изменяется составляющая ветра, непосредственно изменяющая значение скорости звука. Например, строго попутный звуковым лучам ветер скоростью 7 м/с увеличивает скорость звука на эту же величину. Поэтому при расчетах в ЭВМ имеется возможность учитывать скорость звука, определенную с учетом тех ее изменений, которые внесены составляющей ветра $W_{оц}$, действующей по направлению $ОЦ'$.

Вычисление $W_{оц}$ (отрезок NO) осуществляется как результат сложения проекций KO и MO, составляющих ветра W_x и W_y на направление $ОЦ'$:

$$W_{оц} = W_x\cos\alpha'_{оц} + W_y\sin\alpha'_{оц}. \tag{3.14}$$

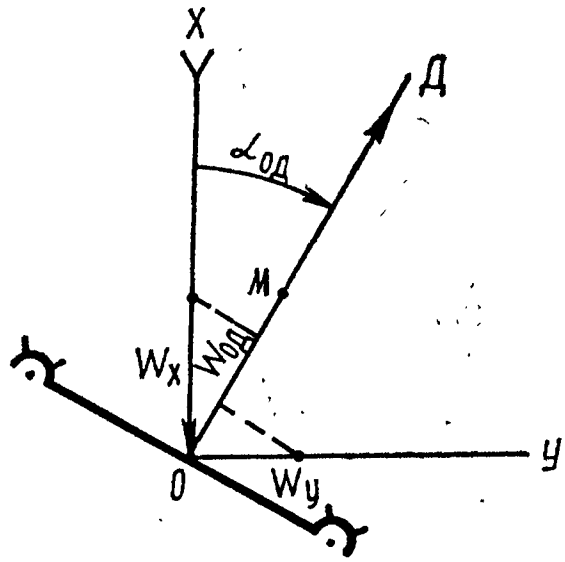


Рис. 3.8. Результирующий вектор $W_{од}$

Эта величина рассчитывается для уточнения значения скорости звука с учетом ветра C_w:

$$C_w = 330{,}8 + 0{,}6t_v + W_{оц}. \tag{3.15}$$

По уточненному значению C_w рассчитываются угол β_0 и направление на цель.

Если по какой-либо причине в массиве запоминающего устройства ЭВМ нет данных о ветре, то в расчет будет принята величина скорости звука, записанная оператором в память ЭВМ при подготовке ее к работе.

При ручном счете суммарную поправку на ветер, учитывающую искажение направления на цель (разрыв) под влиянием обеих составляющих ветра, целесообразно рассчитывать до получения

информации с базных пунктов. Это возможно благодаря сделанному допущению (в целях упрощения расчетов) о том, что углы β и β'_w равны β_w. Тогда равенство (3.12) примет вид

$$\Delta\beta_w = \arcsin[(W/C)(\sin\beta_w\cos\gamma + \cos\beta_w\sin\gamma)]$$

или, учитывая, что выражение во вторых круглых скобках есть синус суммы двух углов, получим

$$\Delta\beta_w = \arcsin[(W/C)\sin(\beta_w+\gamma)]. \qquad (3.16)$$

Известно, что внешний угол всякого треугольника равен сумме внутренних углов этого треугольника, с ним не смежных, тогда $\beta_w+\gamma=\Theta$ (см. рис. 3.6). Приняв во внимание эту зависимость между углами, получим окончательную формулу поправки на ветер $\Delta\beta_w$, учитывающей влияние обеих составляющих ветра:

$$\Delta\beta_w = \arcsin[(W/C)\sin\Theta]. \qquad (3.17)$$

Угол Θ представляет собой, как видно из рис. 3.9, угол между направлением директрисы базы и направлением ветра (направлением ветра считается направление на ту точку горизонта, откуда дует ветер).

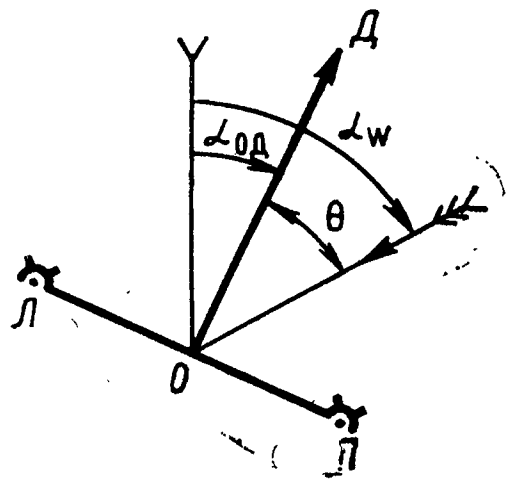


Рис. 3.9. Определение угла Θ

Необходимо отметить, что все величины, стоящие в правой части формулы, не зависят от положения цели. Это обстоятельство позволяет определить поправку на ветер при ручной обработке заблаговременно, не дожидаясь поступления информации с базных пунктов.

Угол Θ на практике определяют по формуле

$$\Theta = \alpha_w - \alpha_{од}, \qquad (3.18)$$

где α_w и $\alpha_{од}$ — дирекционные углы ветра и директрисы.

Угол Θ определяют в больших делениях угломера, округляя значение $\alpha_{од}$ также до целого числа больших делений. В тех случаях, когда $\alpha_w < \alpha_{од}$, к значению α_w следует прибавлять 60-00.

Таблица 3.2

Поправка в направление на ветер с учетом температуры воздуха

Температура воздуха от −17 до −1 °С																	Углы Θ				Температура воздуха от +1 до +17 °С																
Скорость ветра, м/с																	Знаки поправок				Скорость ветра, м/с																
17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	+	+	−	−	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
51	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	15	15	45	45	3	6	9	11	14	17	19	22	25	28	31	33	36	39	42	45	47
51	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	14	16	44	46	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	30	33	36	39	42	44	47
50	47	44	41	38	35	32	29	26	23	20	18	15	12	9	6	3	13	17	43	47	3	5	8	11	14	16	19	22	25	27	30	33	35	38	41	44	46
48	46	43	40	37	34	31	28	26	23	20	17	14	11	9	6	3	12	18	42	48	3	5	8	13	16	19	19	21	24	26	29	32	34	37	40	42	45
47	44	41	38	36	33	30	27	25	22	19	16	14	11	8	5	3	11	19	41	49	3	5	8	10	13	15	18	20	23	25	28	31	33	36	38	41	43
44	41	39	36	34	31	29	26	23	21	18	16	13	10	8	5	3	10	20	40	50	2	5	7	10	12	14	17	19	22	24	27	29	31	34	36	39	41
41	39	36	34	31	29	27	24	22	19	17	15	12	10	7	5	2	9	21	39	51	2	5	7	9	11	14	16	18	20	23	25	27	29	32	34	36	38
38	36	33	31	29	27	24	22	20	18	16	13	11	9	7	4	2	8	22	38	52	2	4	6	8	10	12	14	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35
34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	7	23	37	53	2	4	6	7	9	11	13	15	17	19	20	22	24	26	28	30	32
30	28	26	25	23	21	19	18	16	14	12	11	9	7	5	4	2	6	24	36	54	2	3	5	7	8	10	11	13	15	16	18	20	21	23	25	26	28
25	24	22	21	19	18	16	15	13	12	10	9	7	6	4	3	1	5	25	35	55	1	3	4	6	7	8	10	11	13	14	15	17	18	19	21	22	24
21	19	18	17	16	15	13	12	11	10	9	7	6	5	4	2	1	4	26	34	56	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	5	4	3	2	1	3	27	33	57	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15
11	10	9	9	8	7	7	6	6	5	4	4	3	2	2	1	1	2	28	32	58	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	8	8	9	9	10
5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	0	1	29	31	59	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Согласно формуле (3.17) знак поправки $\Delta\beta_W$ определяется знаком $\sin\Theta$ (так как W и C — всегда положительные величины). Из тригонометрии известно, что синус имеет положительный знак для углов от 0 до 180° и отрицательный для углов от 180 до 360°. Поэтому поправка $\Delta\beta_W$ является положительной для углов Θ, имеющих значения от 0-00 до 30-00, и отрицательной для углов Θ, находящихся в пределах от 30-00 до 60-00.

В практической работе подразделения звуковой разведки при ручных расчетах поправку на ветер не вычисляют по формуле, а находят по таблице поправок в направление на ветер с учетом температуры воздуха (табл. 3.2) и рассчитанной по формуле (3.17).

Для определения $\Delta\beta_W$ с помощью табл. 3.2 необходимо знать $\alpha_{од}$, α_W, W и знак t_v.

Из-за того, что $\Delta\beta_W$ мало зависит от величины t_v (согласно формуле 3.17 эта зависимость выражена через значение скорости звука C), таблица поправок на ветер рассчитана только для двух значений $t°_v$: левая сторона таблицы для температуры — 20°, правая — для +20°. Это допущение позволило создать простую таблицу поправок, удобную в работе, и в то же время значительно не отразилось на точности определения $\Delta\beta_W$. Расчеты показали, что при $W \leqslant 10$ м/с и при температурах от —40 до +40 °С ошибка в определении поправки по таблице (за счет осреднения температур) не превышает одного малого деления угломера.

3.4. Поправка на превышение (понижение) цели $\Delta\beta_h$

Реальная местность всегда обладает более или менее резко выраженным рельефом. Наличие такого рельефа может привести к тому, что цель и звукоприемники акустической базы могут оказаться не на одной высоте. Это же обстоятельство, в свою очередь, может привести к регистрации ошибочного значения времени, т. е. к искажению отсчета.

Действительно, пусть звукоприемник M_1 и цель $Ц$ находятся выше, а звукоприемник M_2 ниже горизонтальной плоскости $АБВГ$ (рис. 3.10), проходящей через центр $О$ акустической базы. Точки M'_1, M'_2 и $Ц'$ — проекции звукопостов и цели на эту плоскость. На рисунке приведен случай, когда проекция цели $Ц'$ оказывается расположенной на линии директрисы $ОД$, т. е. цель находится в вертикальной плоскости, проходящей через директрису.

Треугольники $Ц'ОМ_1$ и $Ц'ОМ_2$ прямоугольные и равны между собой, так как равны их катеты $М_2О$ и $ОМ_1$, $ОЦ'$ — общий. Поэтому, если бы цель находилась в точке $Ц'$, т. е. была в горизонтальной плоскости $АБВГ$, звук выстрела из точки $Ц'$ приходил бы одновременно к обоим звукоприемникам ($Ц'М_1 = Ц'М_2$) и разность времени подхода звука была бы равна нулю. Но, так как цель расположена выше плоскости $АБВГ$, звук от выстрела, произошедшего в точке $Ц$, раньше дойдет до $М_1$, чем до $М_2$, вследствие того что звукоприемник $М_1$, находящийся выше плоскости

АБВГ, отстоит от *Ц* на меньшее расстояние, чем звукоприемник M_2. Поэтому выстрелу в точке *Ц* будет соответствовать отсчёт, теперь уже равный не нулю, а какому-то положительному значению. Между тем истинное направление на эту цель должно совпадать с направлением директрисы *ОД* (по условиям построения). Отсчет же, зарегистрированный аппаратурой, будет соответствовать направлению, проходящему правее истинного направления. Следовательно, в него необходимо ввести поправку, причем величина и знак этой поправки должны быть такими, при которых отсчет τ превратился бы в нуль.

В основу определения поправки на превышение в общем случае положены следующие правила, позволяющие установить формулу и порядок определения поправки.

Если цель расположена выше или ниже плоскости горизонта, проходящей через звукоприемник M_2 (рис. 3.10), звук выстрела

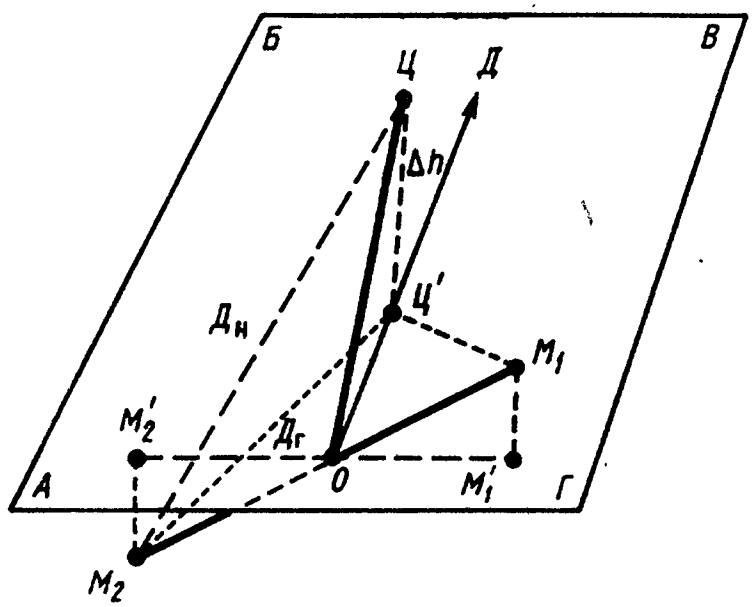


Рис. 3.10. Пространственная схема расположения звуковых постов и цели по отношению к горизонтальной плоскости

в обоих случаях проходит более длинный путь до звукоприемника (именно расстояние $Д_н$), чем в том случае, когда цель находится на одной высоте со звукоприемником (расстояние $Д_г$). Следовательно, и время $t_н$ прохождения звуком наклонного расстояния тоже больше (на величину Δt) времени $t_г$ прохождения звуком горизонтального расстояния, т. е. $\Delta t = t_н - t_г$. Так как $t_г = Д_г / C$, то

$$t_н = \sqrt{\frac{Д_г^2 + \Delta h^2}{C}},$$

где C — скорость звука, принимаемая одинаковой при прохождении как наклонного расстояния, так и горизонтального;

Δh — превышение (понижение) цели над горизонтом звукоприемника.

Поэтому поправка во времени в секундах на разность высот звукоприемников определяется по формуле

$$\Delta t = \frac{\sqrt{Д_г^2 + \Delta h^2} - Д_г}{C}.$$

Так как Δt изменяется на небольшую величину при тех изменениях скорости звука, какие наблюдаются в практике работы звуковой разведки, предыдущую формулу можно упростить, приняв $C = 333{,}3(3)$ м/с и умножив числитель правой стороны равенства на 1000 для выражения Δt в миллисекундах:

$$\Delta t = \frac{1000\left(\sqrt{Д_г^2 + \Delta h^2} - Д_г\right)}{333{,}3(3)} = 3\left(\sqrt{Д_г^2 + \Delta h^2} - Д_г\right).$$

Умножив и разделив Δh^2, стоящее под знаком корня в предыдущем равенстве, на одну и ту же величину $Д_г^2$, получим возможность вынести из-под знака корня $Д_г$:

$$\Delta t = 3\left(\sqrt{Д_г^2 + \frac{Д_г^2 \Delta h^2}{Д_г^2}} - Д_г\right) = 3Д_г\left(\sqrt{1 + \frac{\Delta h^2}{Д_г^2}} - 1\right).$$

Ввиду того что отношение $\Delta h^2/Д_г^2$ представляет собой весьма малую правильную дробь, а первое слагаемое равно единице, можно применить прием приближенного извлечения квадратного корня, т. е. принять подкоренное выражение $1+\Delta h^2/Д_г^2$ равным полному квадрату $(1+\Delta h^2/2Д_г^2)^2$, который, представляя собой в развернутом виде трехчлен $1+\Delta h^2/Д_г^2+\Delta h^4/4Д_г^4$, отличается от подкоренного выражения на ничтожно малую величину $\Delta h^4/4Д_г^4$. Тогда получим

$$\Delta t = 3Д_г(1+\Delta h^2/2Д_г^2 - 1) = 3\Delta h^2/2Д_г$$

или

$$\Delta t = 1{,}5\Delta h^2/Д_г.$$

Из этой формулы видно, что Δt есть всегда величина положительная (независимо от знака Δh). Так и должно быть, так как $\Delta t = t_н - t_г$, а $t_н$ всегда больше $t_г$.

На практике Δt определяют не путем расчета формулы, а с помощью специальной номограммы, построенной на основе этой формулы и содержащей две вертикальные и одну наклонную шкалы (рис. 3.11).

При пользовании номограммой на вертикальных шкалах отыскивают две точки, соответствующие значениям Δh и $Д_г$, затем прикладывают к этим двум точкам линейку и в том месте, где приложенная линейка пересекает наклонную шкалу, читают искомое значение Δt. Например, на номограмме пунктирная линия пред-

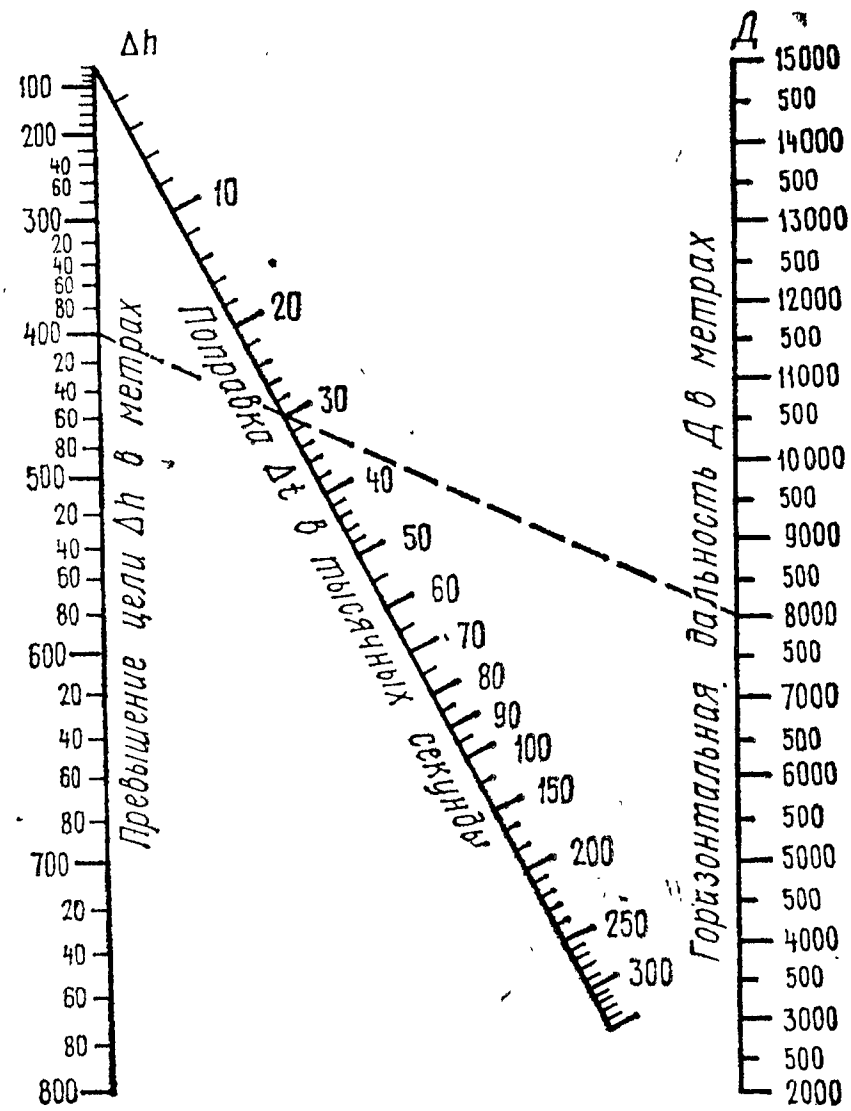


Рис. 3.11. Номограмма для определения поправки во времени на разность высот звукоприемников

ставляет собой линейку, приложенную к точкам $\Delta h=400$ м и $Д_г=8000$ м, а точка пересечения пунктирной линии с наклонной шкалой —ответ, равный $\Delta t=30$ мс.

Выведем формулу поправки на превышение цели $\Delta\beta_h$. По своей сущности она равна разности между исправленным на превышение (понижение) углом β_h и неисправленным значением угла β:

$$\Delta\beta_h=\arcsin\beta_h-\arcsin\beta.$$

Так как исправленному значению $\sin\beta_h$ соответствует отсчет $t_{г\,лев}-t_{г\,пр}$, а неисправленному значению $\sin\beta$ — отсчет $t_{н\,лев}-t_{н\,пр}$,

$$\sin\Delta\beta_h=\frac{t_{г\,лев}-t_{г\,пр}}{1000T}-\frac{t_{н\,лев}-t_{н\,пр}}{1000T},$$

где T — база во времени, равная l/c, мс,

но $t_{н_{лев}} = t_{г_{лев}} + \Delta t_{лев}$, а $t_{н_{пр}} = t_{г_{пр}} + \Delta t_{пр}$, тогда

$$\sin \Delta\beta_h = \frac{t_{г_{лев}} - t_{г_{пр}}}{1000T} - \frac{t_{н_{лев}} - t_{н_{пр}}}{1000T} =$$

$$= \frac{t_{г_{лев}} - t_{г_{пр}} - [(t_{г_{лев}} + \Delta t_{лев}) - (t_{г_{пр}} + \Delta t_{пр})]}{1000T} =$$

$$= \frac{t_{г_{лев}} - t_{г_{пр}} - t_{г_{лев}} - \Delta t_{лев} + t_{г_{пр}} + \Delta t_{пр}}{1000T} = \frac{\Delta t_{пр} - \Delta t_{лев}}{1000T}.$$

Таким образом,

$$\sin \Delta\beta_h = \frac{\Delta t_{пр} - \Delta t_{лев}}{1000T};$$

$$\Delta\beta_h = \arcsin\left(\frac{\Delta t_{пр} - \Delta t_{лев}}{1000T}\right).$$

Знак поправки $\Delta\beta_h$ определяется знаком разности $\Delta t_{пр} - \Delta t_{лев}$.

В практике работы подразделения звуковой разведки $\Delta t_{пр}$ и $\Delta t_{лев}$ определяют по номограмме, рассчитывают разность и делят ее на T с помощью счетной звукометрической линейки.

Пример. Пусть $h_ц = 700$ м, $h_{пр} = 300$ м, $h_{лев} = 400$ м, $Д_{г_{пр}} = 5500$ м, $Д_{г_{лев}} = 6000$ м и $T = 1{,}100$.

Решение. По номограмме определяем $\Delta t_{пр} = 44$, $\Delta t_{лев} = 23$. Тогда $\sin \Delta\beta_h = (44-23)/(1000 \cdot 1{,}1) = 0{,}019$, откуда $\Delta\beta_h = +0\text{-}18$.

Данные, связанные с определением поправки на превышение, удобно записывать в специальном бланке (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Бланк
для расчета поправки на превышение цели № 202

№ строки, последовательность заполнения	Величины	Базные пункты		
		Левый	Средний	Правый
4	$\Delta h_{пр}$	400	340	420
2	$h_{пр}$	300	360	280
1	$h_ц$	700	700	700
3	$h_{лев}$	400	420	380
5	$\Delta h_{лев}$	300	280	320
6	$Д_{г_{пр}}$	5500	4500	5900
7	$Д_{г_{лев}}$	6000	5700	5900
8	$\Delta t_{пр}$	44	39	45
9	$\Delta t_{лев}$	23	21	26
10	$\Delta t_{пр} - \Delta t_{лев}$	21	18	19
11	T	1,1	1,2	1,1
12	$\sin \Delta\beta_h$	+0,019	+0,015	+0,017
13	$\Delta\beta_h$	+0-18	+0-14	+0-17

Исходные данные ($h_ц$, $h_{пр}$, $h_{лев}$, $Д_{г\,пр}$, $Д_{г\,лев}$, T), снимаемые с топографической карты (кроме T), записываются в строки 1—3, 6—7 и 11. Запись в строку 4 производится на основании записей в строках 1 и 2, в строку 5 — на основании записей в строках 1 и 3. В строках 8 и 9 записываются величины, определенные с помощью номограммы на основании данных строк 4, 6, 5 и 7, в строку 10 помещают результат вычитания $\Delta t_{лев}$ из $\Delta t_{пр}$, а в строку 12 — величину, найденную с помощью «настроенной» счетной звукометрической линейки на основании записи в строке 10. Окончательно поправку в делениях угломера записывают в строку 13.

В практической работе подразделения звуковой разведки определяют координаты цели в такой последовательности:

определяют приближенное положение цели (без учета поправки на превышение);

наносят цель на рабочую карту, определяют величины $h_ц$, $Д_{г\,пр}$, $Д_{г\,лев}$;

определяют поправку на превышение цели и с помощью этой поправки уточняют направление на цель;

вновь производят засечку цели и определение ее координат.

Метод последовательного приближения предполагает, что высота цели в точке полученных в первый раз координат не резко отличается от высоты цели в точке с координатами, полученными при их пересчете. Так как перенести высоты всех точек, хотя бы района особого внимания, с карты в память ЦВМ практически невозможно, в алгоритме расчет данной поправки отсутствует. Рассчитанная по указанной методике поправка $\Delta\beta_h$ может быть в готовом виде внесена в ОЗУ ЦВМ для каждой цели отдельно. Поправка на превышение (понижение) цели не учитывается, если $\Delta h < 300$ м (при расположении звукопостов на одном уровне) или если $\Delta h < 100$ м (при расположении звукопостов не на одном уровне).

Отсюда следует, что при боевых действиях в горной местности звукоприемники одного и того же базного пункта следует располагать на одинаковой высоте. Такое их расположение избавляет от необходимости определять поправку $\Delta\beta_h$ для тех целей, для которых Δ_h менее 300 м, и тем самым уменьшает время на получение координат целей.

3.5. Поправка, исправляющая ошибку направления на цель (разрыв), вызванную искажением регистрируемых моментов времени подхода звуковой волны

В различных конструкциях звукометрической аппаратуры применяются как хроноскопы, так и хронографы для регистрации моментов времени подхода звука к звукоприемникам. Если хроноскопы (электронные счетчики времени) с достаточной точностью (0,0005 с) определяют разность времени — отсчет τ, то хронографы осциллографического типа вносят искажения в регистрируемые значения. Так, в отечественных звукометрических станциях с чер-

нильной записью сигналов на бумажную ленту всегда имеет место ошибка в регистрации начал записей из-за неодинаковой длины капиллярных трубочек (перьев), фиксирующих момент подхода звука к тому или другому звукоприемнику акустической базы. Разность длин перьев P называется параллаксом перьев, а поправка, исправляющая угол β из-за искаженного отсчета, — поправкой на параллакс перьев $\Delta\beta_p$:

$$\sin \Delta\beta_p = P/1000\,T,$$

где T — база во времени и соответственно

$$\Delta\beta_p = \arcsin(P/1000\,T).$$

В автоматизированных комплексах отсчет τ определяется по значениям времени, зафиксированным электронными счетчиками, и практически не требует какой-либо поправки. В этих комплексах в случаях, когда время подхода звуковой волны определяется по записям на ленте регистрирующего прибора, ввиду его особой конструкции, параллакс отсутствует.

3.6. Определение точного направления на цель (разрыв)

Точное направление на цель (разрыв) из центра каждой линейной акустической базы рассчитывают по формуле (см. рис. 3.8):

$$\alpha_{оц} = \alpha_{од} + \beta_0,$$

где $\alpha_{оц}$ — дирекционный угол направления на цель (разрыв);
$\alpha_{од}$ — дирекционный угол директрисы акустической базы;
β_0 — точное значение угла от директрисы на цель.

В свою очередь, $\beta_0 = \beta + \Delta\beta_w + \Delta\beta_h + \Delta\beta_n + \Delta\beta_p$,

где β — угол между директрисой и приближенным направлением на цель (разрыв), найденный по основной звукометрической формуле;
$\Delta\beta_w$ — поправка в угол β на ветер;
$\Delta\beta_h$ — поправка в угол β на превышение (понижение) цели (разрыва) над горизонтом звукоприемников;
$\Delta\beta_n$ — поправка в угол β на удаление цели (разрыва);
$\Delta\beta_p$ — поправка в угол β на параллакс перьев.

В алгоритме ЦВМ автоматизированных комплексов предусмотрен учет только одной поправки — на ветер. В этом случае формула для определения точного угла β от директрисы на цель принимает вид

$$\beta_0 = \beta + \Delta\beta_w,$$

тогда окончательно можно записать:

$$\alpha_{оц} = \alpha_{од} + \beta + \Delta\beta_w. \qquad (3.18)$$

По значениям $\alpha_{оц}$ в дальнейшем производят прямую засечку цели

(разрыва) графическим методом — при ручной обработке или аналитическим методом — при использовании вычислительной техники.

3.7. Особенности определения направления на цель из центра акустической базы при учете распределения метеовеличин по высоте

Звуковой луч, достигающий звукоприемника, обычно проходит свой путь не у самой земли, а поднимаясь в атмосфере на высоту до 800 м от поверхности земли. Понятно, что при этих условиях на распространение звукового луча будут влиять в большей степени те метеорологические элементы (температура и ветер), которые луч встречает в верхней части своей траектории, а не те, которые наблюдаются непосредственно у земли. Между тем значения метеовеличин даже на высоте 500 м могут сильно отличаться от наземных, поэтому определение направления на звучащую цель, производимое с учетом наземных метеовеличин, может привести к значительным ошибкам в определении координат цели (ошибка в определении $\alpha_{од}$ может доходить до 0-20).

Вследствие этого при наличии метеорологического бюллетеня определение направления на цель (разрыв) следует вести с учетом распределения метеовеличин в приземном слое. Расчет для ручного счета громоздок и требует больших затрат времени. К тому же не редки случаи, когда после проделанной значительной части вычислительных работ выясняется, что высотные метеовеличины учитывать не следует, так как скорость звука в вышележащих слоях атмосферы при данном распределении температуры и ветра с высотой понижается. Это означает, что звуковые лучи, направленные под углом к горизонту, уйдут вверх и не вернутся на землю к звукоприемникам. Следовательно, если аппаратура в этом случае зарегистрировала подход звуковых лучей, то это те лучи, которые распространялись вдоль земной поверхности, и требуется учитывать только наземные метеовеличины.

Поэтому при ручной обработке существует правило, согласно которому высотные данные о метеовеличинах целесообразно учитывать только в случае привязки элементов боевого порядка на геодезической основе. Ошибки из-за неточности топогеодезической привязки обычно превышают ошибки из-за неучета разности метеоусловий на высоте распространения звукового луча и у земной поверхности.

Применение быстродействующей вычислительной техники дает возможность всегда (если не производится учет систематической ошибки) принимать к расчету метеорологический бюллетень «метеосредний», независимо от условий проведенной топогеодезической привязки.

Алгоритмом ЦВМ автоматизированных комплексов предусмотрено:

нахождение скорости звука в пяти слоях приземного слоя с учетом температуры воздуха и продольной составляющей ветра;

определение способа учета метеовеличин (по наземным данным или по значениям в слоях);

расчет поправок к дирекционным направлениям на цель из-за влияния метеорологических условий на распространение звуковых лучей.

После ввода в ЦВМ данных о наземных значениях виртуальной температуры воздуха, направления и скорости ветра, а также бюллетеня «метеосредний» производится раскодирование бюллетеня в целях выявления знака и числового значения средних отклонений температур воздуха $\Delta\tau_Y$ в слоях 0—200, 0—400 и 0—800 м. Происходит интерполяция данных о $\Delta\tau_Y$, αw_Y и W_Y для слоев 0—100 и 0—600 м.

Если среднее значение виртуальной температуры $t_v^{м}$, рассчитанное по данным третьей группы бюллетеня, расходится со значением виртуальной температуры $t_v^{мп}$ метеорологического поста подразделения более чем на 3°, данные всего бюллетеня не учитываются как устаревшие и расчет влияния метеоусловий ведется только по наземным метеоданным, измеренным в подразделении.

Если $|t^{м}_v - t^{мп}_v| < 3°$, после расчета слагающих среднего ветра (относительно осей X и Y координатной сетки) вычисляются слагающие действительного ветра W_x и W_y для стандартных звукометрических высот 0, 50, 150, 300, 500 и 700 м.

Для этих же высот рассчитываются действительные значения виртуальной температуры по данным о средних отклонениях $\Delta\tau$ в слоях.

Для каждой стандартной высоты рассчитывается скорость звука C с учетом t_{v_Y} на этой высоте:

$$C = 331 + 0{,}6t_{v_Y}.$$

После приема информации с базных пунктов и расчета приближенного направления на цель рассчитывается скорость звука

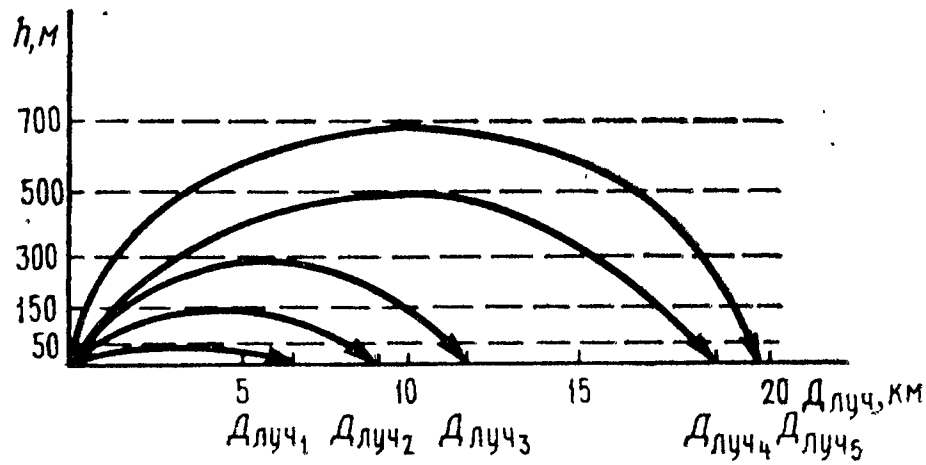


Рис. 3.12. Звуковые лучи, поднимаясь на разную высоту, распространяются на разные дальности ($Д_{луч}$)

по стандартным высотам вдоль направления распространения звуковой волны. Далее определяется разность ΔC_w между скоростью звука на стандартных высотах и наземной скоростью звука. Для стандартных высот, на границах которых происходит рост значения скорости звука с высотой, определяются лучевые дальности $Д_{луч}$ распространения звука (рис. 3.12).

После засечки цели (разрыва) по приближенным значениям $\alpha_{оц}$ определяется приближенная дальность из центра каждой акустической базы до цели (разрыва) $Д_{пр}$. Она сравнивается с хранящимися в ОЗУ лучевыми дальностями $Д_{луч}$. Ближайшие к $Д_{пр}$ значения $Д_{луч}$ характеризуют ту высоту h, метеоданные которой берутся для дальнейшей обработки. По их значению рассчитывается скорость звука, по которой, в свою очередь, заново определяется угол β, в него вводится поправка на ветер, соответствующий высоте h, вычисляется заново $\alpha_{оц}$ и вновь решается прямая засечка, определяющая координаты цели (разрыва).

3.8. Варианты определения направления на звучащую цель

Треугольная акустическая база

Треугольная акустическая база (рис. 3.13) дает возможность работать при углах β менее 45°, что важно для повышения точности получаемых координат. На такой базе при прохождении звуковой волны фиксируются интервалы времени, обеспечивающие вычисление трех отсчетов по одной цели: τ_{12}, τ_{13} и τ_{23}. Всегда из них возможно взять в обработку меньший по абсолютной величине, который будет соответствовать углу β меньшему, чем 40°. При достаточно большом объеме памяти в ЦВМ осуществление такого выборочного использования отсчетов с каждой треугольной базы не представляет сложности. Быстродействие аппаратуры не увеличит время обработки данных. При необходимости в качестве автоматического предупредителя (АП) впереди первого звукоприемника развертывают четвертый звукоприемник. ЦВМ будет рассчитывать направление на цель с той из трех акустических баз, для которой получен меньший отсчет τ.

Аппаратура машин базных пунктов АЗК-5 сконструирована так, что может работать на треугольной акустической базе (положение III переключателя РЕЖИМ на блоке БЛ-5). Однако ЦВМ из-за недостатка объема памяти не имеет в алгоритме такой задачи.

Прямоугольная акустическая база

Представляет интерес рассмотрение базного пункта, у которого линейные базы развернуты точно под углом 90° (рис. 3.14). Топогеодезическая привязка в этом случае сводится к определению координат места установки второго звукоприемника и опре-

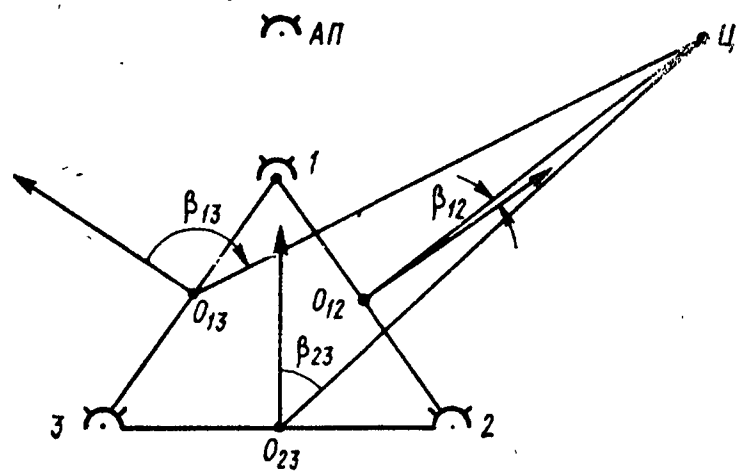


Рис. 3.13. Треугольная акустическая база

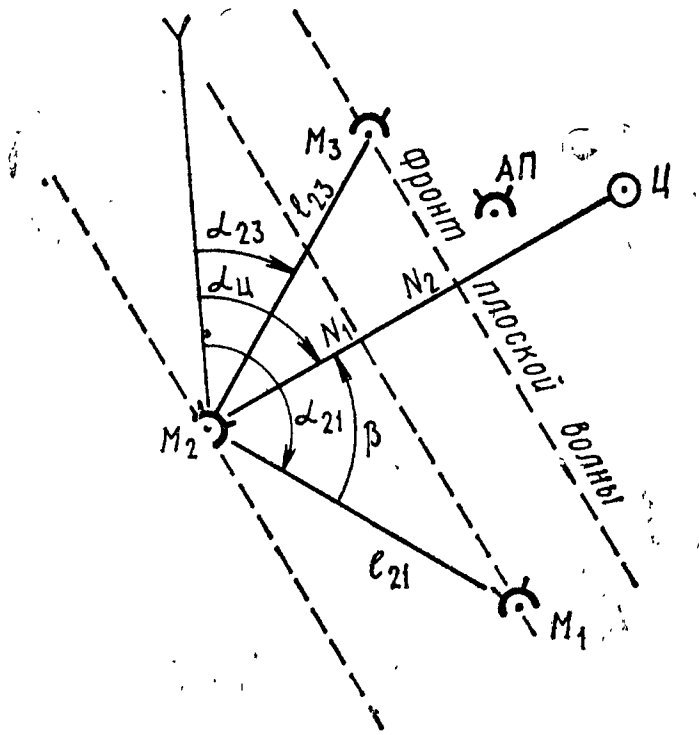


Рис. 3.14. Прямоугольная акустическая база

деления дирекционных направлений и расстояний до точек стояния первого и третьего звукоприемников: $x_{м2}$, $y_{м2}$, l_{21}, l_{23}, α_{23}, α_{21}. Из прямоугольного треугольника $M_2N_1M_1$ видно, что

$$\cos\beta = M_2N_1/l_{21}, \text{ но } M_2N_1 = C\tau_{21},$$

где C — скорость звука в направлении от цели на M_2;

τ_{21} — отсчет с линейной базы l_{21}.

Тогда

$$\cos\beta = C\tau_{21}/l_{21}. \qquad (3.19)$$

Из того же рисунка видно, что в треугольнике $M_2M_3N_2$

$$\cos(90°-\beta) = M_2N_2/l_{23}, \text{ но } M_2N_2 = C\tau_{23},$$

где C — скорость звука в том же направлении, что и в формуле (3.19);

τ_{23} — отсчет с линейной базы l_{23}.

Тогда

$$\cos(90°-\beta) = C\tau_{23}/l_{23}. \tag{3.20}$$

Разделим левые и правые части равенства (3.20) на соответствующие части равенства (3.19), получим

$$\cos(90°-\beta)/\cos\beta = C\tau_{23}l_{21}/C\tau_{21}l_{23} = \tau_{23}l_{21}/\tau_{21}l_{23}.$$

Если по условиям разбивки базы $l_{23} = l_{21}$, то

$$\sin\beta/\cos\beta = \tau_{21}/\tau_{23}.$$

Окончательно получим

$$\operatorname{tg}\beta = \tau_{21}/\tau_{23},\ \beta = \operatorname{arc\,tg}(\tau_{21}/\tau_{23}). \tag{3.21}$$

Здесь угол β — направление на цель, отсчитанный от значения дирекционного угла α_{21} линейной базы между вторым и первым звукоприемниками. Обращает на себя внимание, что в вычислениях угла β не участвует значение скорости звука. Это обманчивое преимущество, так как знание скорости звука все равно необходимо для расчета поправки в угол β на смещение центра звуковой волны.

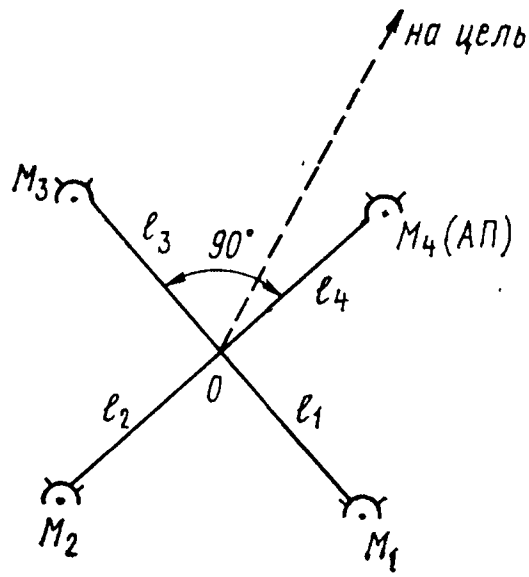


Рис. 3.15. Крестообразная акустическая база

Иногда рассматривается вариант крестообразной акустической базы. Как видно из рис. 3.15, это разновидность прямоугольной базы, но с вынесенным вперед четвертым звукоприемником АП. Он может использоваться не только для пуска аппаратуры, но и

для измерения скорости звука в момент прохождения звуковой волной базы. Требования к разбивке такой базы очень жесткие: углы при точке разбивки O, составленные направлением на точки стояния звукоприемников, должны быть точно 90°, а плечи l_1, l_2, l_3 и l_4 — равны между собой. Практически развернуть такие базы на местности чрезвычайно трудно. Крестообразная акустическая база выгодно отличается от других тем, что не имеет явно выраженного направления на район разведки. Такая база может найти применение в тех случаях, когда неизвестно направление на РОВ или появление целей можно ожидать в любом направлении. Комбинация измерительных баз дает возможность в каждом случае определить пеленг на цель.

3.9. Определение координат цели (разрыва)

Алгоритм решения задачи определения координат цели (разрыва) в автоматизированном режиме работы звукометрических комплексов

Исходными данными для определения прямоугольных координат $x_ц$ и $y_ц$ являются рассчитанные дирекционные направления на цель $\alpha^л_{оц}$, $\alpha^п_{оц}$ с двух крайних базных пунктов. Если с одного из них информация не получена, задача решается по значениям $\alpha_{оц}$ с другого крайнего и среднего базных пунктов. Если с этих базных пунктов имеется информация и угол засечки $\gamma > 5\text{-}00$, задачу решают сразу, не дожидаясь передачи результатов первичной обработки с удаленного крайнего базного пункта.

Координаты $x_ц$ и $y_ц$ рассчитываются по стандартной подпрограмме. Исходными данными этой подпрограммы являются:

α_L — дирекционный угол геометрической базы;

$\alpha^л_{оц}$, $\alpha^п_{оц}$ — дирекционные углы из центров акустических баз на цель;

L — длина геометрической базы между центрами акустических баз, участвующих в засечке;

x_0, y_0 — координаты центра акустической базы правого (участвующего в засечке) базного пункта.

По значениям углов $\alpha^л_{оц}$, $\alpha^п_{оц}$ и α_L (рис. 3.16) рассчитывают углы A, B и угол засечки γ.

Дальности от центров акустических баз до искомой точки вычисляются по теореме синусов:

$$Д_п = L\sin A/\sin\gamma; \qquad Д_л = L\sin B/\sin\gamma.$$

После этого определяются координаты цели $x_ц$ и $y_ц$ с учетом приращений координат Δx и Δy:

$$x_ц = x_0 + Д_п\cos\alpha^п_{оц};$$

$$y_ц = y_0 + Д_п\sin\alpha^п_{оц}.$$

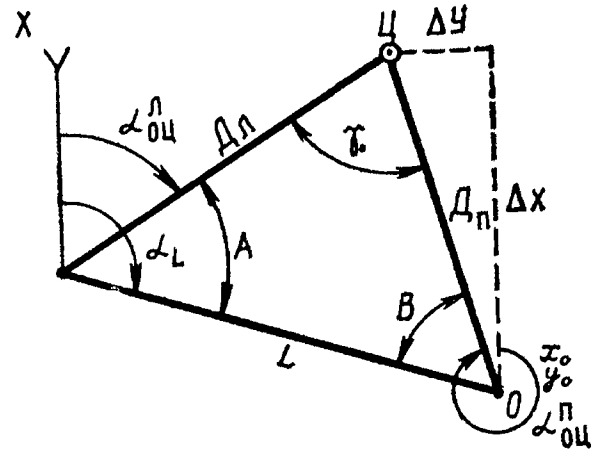


Рис. 3.16. Определение координат цели

Если вычисленные координаты цели отличаются от координат звуковых реперов, введенных в ОЗУ, более чем на 2,5 км, после проверки (временно́го дешифрирования, в котором используются вычисленные значения $Д_л$ и $Д_п$) координаты цели (разрыва) автоматически поступают на печать. Если эта разность менее 2,5 км, т. е. цель находится в зоне действия одного из реперов, в каждое направление на цель $\alpha_{оц}$ вводится хранящаяся в памяти ЦВМ соответствующая поправка на систематическую ошибку $\Delta\beta_{сист}$ и вновь рассчитываются координаты $x_ц$ и $y_ц$, теперь уже по углам $(\alpha_{оц}+\Delta\beta_{сист})$. После проверки однозначности отнесения принятых к вычислениям данных к одной и той же цели ее координаты выводятся на печать или осредняются и хранятся в ОЗУ ЦВМ.

Вычисление координат цели в случае смещения среднего базного пункта к одному из крайних базных пунктов

Алгоритмом предусмотрено вычисление координат цели (разрыва) всегда по информации с двух базных пунктов. Однако при

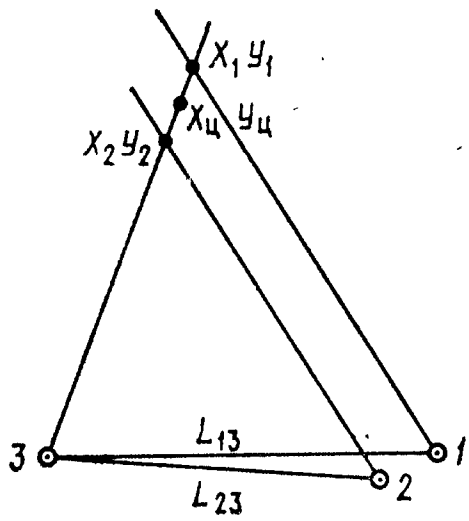


Рис. 3.17. Определение координат цели при смещенном среднем базном пункте

разведке удаленных целей при малых углах засечки для повышения точности получаемых координат предусмотрено временно́е смещение среднего базного пункта в сторону одного из крайних базных пунктов. Признаком смещения к правому базному пункту 12 или к левому 32, записанным в 35-ю ячейку ДЗУС, дается команда на определение координат цели как результат осреднения координат, полученных по засечкам не с одной, а с двух геометрических баз, например L_{13} и L_{23} (рис. 3.17). В зависимости от введенного в ЦВМ признака (12 или 32) вычисляются координаты x_2, y_2, которые получаются при пересечении дирекционных направлений на цель с третьего и второго либо с первого и второго базных пунктов.

Полученные координаты x_2, y_2 осредняются с координатами, полученными ранее по значениям $\alpha_{оц}$ с крайних базных пунктов.

Решение задачи прямой засечки без ЦВМ

В случае выхода из строя ЦВМ или всего центрального пункта координаты определяют графическим методом, используя прибор управления огнем (ПУО), или аналитическим методом с помощью микрокалькулятора.

Работы на ПУО проводят в такой последовательности:

оцифровывают планшет и угломерную шкалу в соответствии с направлением ведения разведки;

наносят на планшет центры акустических баз всех трех базных пунктов;

установив подвижный сектор центрального узла с помощью нониуса на значение $\alpha_{оц}$, рассчитанное для правого базного пункта, закрепляют подвижный сектор и перемещают узел так, чтобы срез линейки дальности совместился с центром правой акустической базы;

прочерчивают карандашом направление на цель (разрыв) с этого базного пункта;

прочерчивают аналогично два других направления, используя $\alpha_{оц}$ с левого и среднего базных пунктов.

Пересечение направлений в одной точке или с небольшим треугольником погрешности (большая сторона треугольника не должна превышать 1% дальности засечки) свидетельствует о правильности отнесения выбранных $\alpha_{оц}$ к одному источнику звука.

Аналитически с помощью микрокалькулятора вычисление координат целесообразно проводить по формулам, приведенным в подразд. 12.6.

Глава 4

ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

4.1. Топогеодезическая подготовка

Общие положения. Содержанием топогеодезической подготовки в подразделениях звуковой разведки являются доведение до подчиненных исходных топогеодезических данных, необходимых для успешной боевой работы этих подразделений, проведение мероприятий, обеспечивающих своевременное и качественное выполнение топогеодезической привязки, собственно топогеодезическая привязка базных пунктов и ее контроль.

Исходными топогеодезическими данными могут служить: прямоугольные координаты пунктов (точек) государственной, специальной геодезических сетей, артиллерийской топогеодезической сети, а также координаты контурных точек, различных объектов (ориентиров) местности и азимуты (дирекционные углы) эталонных ориентирных направлений. Исходные топогеодезические данные доводятся до подразделений звуковой разведки в виде топографических карт масштаба 1 : 100 000, 1 : 50 000 (иногда 1 : 25 000), на которых могут быть впечатаны координаты контурных точек; измерительных фотодокументов (аэрофотоснимков с координатной сеткой, фотопланов или фотокарт); выписок из каталогов (списков) координат геодезических пунктов (точек артиллерийской топогеодезической сети); таблиц рассчитанных дирекционных углов светил.

Своевременное и качественное выполнение топогеодезической привязки обеспечивается ее правильной организацией, обученностью личного состава, исправным состоянием и своевременной выверкой топогеодезических приборов и аппаратуры.

Постановку задачи на топогеодезическую привязку начальнику базного пункта командир подразделения звуковой разведки осуществляет чаще всего одновременно с распоряжением на развертывание подразделения в боевой порядок. При этом, если предусмотрена топогеодезическая привязка с помощью навигационной аппаратуры, начальнику базного пункта указывают:

координаты начальной и контурных точек маршрута;

способ определения дирекционного угла продольной оси машины на начальной точке и определения ориентирных направлений с точки разбивки акустической базы;

маршрут движения и контурные точки на маршруте для контроля текущих координат машины базного пункта.

Одновременно начальнику базного пункта вручается топографическая карта. На карте должны быть подняты контурные точки, маршрут движения в район развертывания с указанием предполагаемой длины акустической базы и дирекционного угла направления ее директрисы.

Для повышения точности в определении координат точек разбивки акустических баз с помощью навигационной аппаратуры необходимо:

ориентирование всех машин базных пунктов производить на общей для них начальной контурной точке и осуществлять, как правило, с помощью одного и того же прибора;

непрерывно осуществлять контроль за правильностью работы аппаратуры наземной навигации во время движения, используя контрольные точки или местные предметы на маршруте движения;

двигаться по маршруту с максимально возможной для данных условий скоростью, не допускать резкого торможения и крутых поворотов;

учитывать уход оси гироскопа за время стоянок на маршруте;

в движении своевременно изменять корректуру пути в зависимости от дорожных условий.

Топогеодезическая привязка. Топогеодезическая привязка базных пунктов батареи (взвода) звуковой разведки включает:

определение прямоугольных координат точек разбивки акустических баз;

определение длин плеч акустических баз (расстояний от точки разбивки до места установки правого и левого звукоприемников);

определение дирекционных углов направлений с точки разбивки на левый и правый звукоприемники или дирекционных углов директрис акустических баз;

определение абсолютных высот (в горной местности) мест установки звукоприемников.

В зависимости от исходных топогеодезических данных, используемых для определения координат точек, топогеодезическая привязка может быть выполнена на геодезической основе или по карте (аэрофотоснимку).

Топогеодезическая привязка на геодезической основе выполняется, как правило, топогеодезическим подразделением, топогеодезическая привязка базных пунктов по карте (аэрофотоснимку) — штатными силами и средствами подразделения звуковой разведки.

В первом случае координаты точек разбивки базных пунктов акустических баз определяют с помощью приборов относительно пунктов геодезической или точек артиллерийской топогеодезиче-

ской сети. Срединная ошибка определения их координат E при этом составит 3—10 м. При топогеодезической привязке по карте (аэрофотоснимку) координаты привязываемых точек определяют с помощью навигационной аппаратуры машин базных пунктов или приборов относительно контурных точек карты (аэрофотоснимка). Срединная ошибка определения координат в этом случае равна 15—25 м. Расхождения в координатах конечной контурной точки разомкнутого маршрута, полученных с помощью навигационной аппаратуры и снятых с карты масштаба 1 : 50 000, не должны превышать 60, 70, 100 м при длине маршрута соответственно 3, 5, 10 км.

Дирекционные углы плеч (директрис) акустических баз могут быть определены одним из следующих способов: гироскопическим, астрономическим, геодезическим, с помощью магнитной стрелки буссоли, передачей дирекционного угла угловым ходом, одновременным отмечанием по небесному светилу, с помощью гирокурсоуказателя автономной аппаратуры топопривязки. При этом в случае топогеодезической привязки на геодезической основе используют только первые три из перечисленных способов определения дирекционных углов ориентирных направлений, обеспечивающих точность ориентирования, характеризующуюся срединной ошибкой, не превышающей 0-01.

При привязке по карте дирекционные углы определяют любым из перечисленных выше способов, но в практике работ подразделений звуковой разведки преимущественно используется гироскопический способ. Если использовать гирокомпас почему-либо невозможно, ориентирование буссоли на точке разбивки осуществляют астрономическим способом по наблюдению Солнца или Полярной звезды с использованием таблиц дирекционных углов светил, заранее рассчитанных на заданные моменты времени, кроме того, дирекционный угол ориентирного направления может быть получен по наблюдению звезд α и β созвездия Малая Медведица с помощью азимутальной насадки буссоли или одновременным отмечанием по небесному светилу по командам с поста передачи ориентирования. Использование этих способов обеспечивает точность ориентирования со срединной ошибкой не более 0-02. В крайнем случае можно использовать магнитную стрелку буссоли, что обеспечит определение дирекционных углов плеч со срединной ошибкой до 0-04 в радиусе 10 км от места определения поправки буссоли.

Длины плеч акустических баз определяют с помощью дальномера ДДИ-3, который позволяет измерять расстояния от 50 до 400 м с относительной срединной ошибкой 0,002 от измеренной величины, что вполне обеспечивает требования, предъявляемые к точности определения длины плеч (1 м).

Абсолютные высоты мест установки звукоприемников в горной местности определяют с помощью приборов относительно пунктов геодезических сетей или от контурных точек, высоты которых определены надежно.

Все топогеодезические работы проводятся в соответствии с требованиями Руководства по боевой работе топогеодезических подразделений ракетных войск и артиллерии Сухопутных войск.

Результаты топогеодезической привязки начальник базного пункта по готовности докладывает на центральный пункт. Подразделение звуковой разведки может быть готово к работе по окончании развертывания только тогда, когда результаты топогеодезической привязки будут введены в ЦВМ.

В последующем начальник базного пункта документально подтверждает доложенные данные, представляя командиру подразделения карточку топогеодезической привязки (рис. 4.1).

При планировании и организации топогеодезической привязки в подразделении звуковой разведки следует иметь в виду следующие средние нормы времени. Определение координат точки разбивки базы с помощью навигационной аппаратуры машины базного пункта (с учетом времени на подготовку ее к работе) при длине маршрута, не превышающем 5 км, занимает до 30 мин.

В случае невозможности (по условиям обстановки и местности) наезда на точку разбивки на определение ее координат решением прямой геодезической задачи с точки остановки машины базного пункта с помощью курсопрокладчика дополнительно требуется 12 мин.

На определение координат точки разбивки базного пункта по известным координатам ближайшей контурной точки (удаленной не более чем на 0,5 км от точки разбивки), расстоянию и дирекционному углу с контурной точки на точку разбивки требуется до 12 мин.

На определение дирекционного угла директрисы акустической базы или дирекционных углов направлений с точки разбивки на места установки звукоприемников требуется:

гироскопическим способом — до 15 мин;

астрономическим способом — до 15 мин;

передачей дирекционного угла от пунктов геодезической сети угловым ходом (длиной 1 км) — до 35 мин;

одновременным отмечанием по небесному светилу — до 5 мин;

с помощью магнитной стрелки буссоли с учетом поправки — до 5 мин;

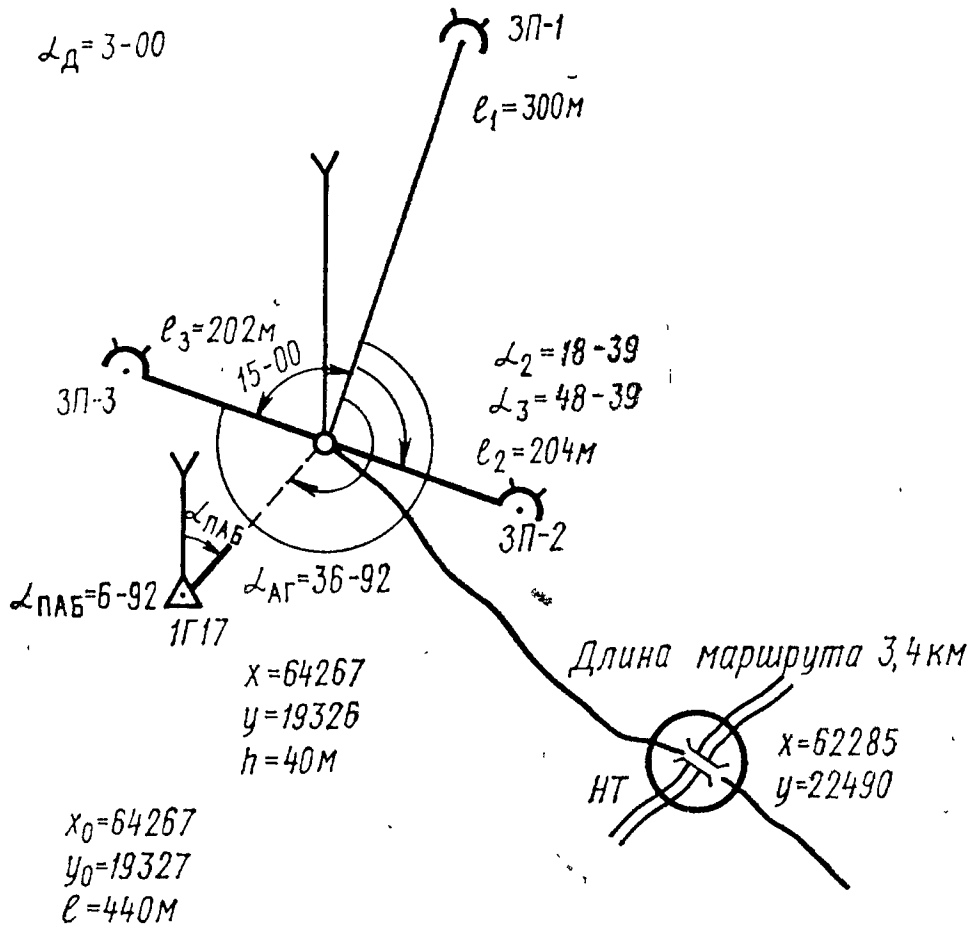
с помощью гирокурсоуказателя — до 35 мин.

4.2. Метеорологическая подготовка

На распространение звуковой волны оказывает влияние состояние атмосферы. Уменьшить, а еще лучше исключить, ошибки в определении направления на источник звука можно, лишь зная метеорологические условия, в которых происходит распространение звуковой волны. При этом часть звуковых лучей проходит вдоль земной поверхности на высоте 5—10 м, другая часть звуковых лучей уходит вверх. Однако при благоприятных условиях распространения (см. рис. 2.24) эти лучи, преломляясь в приземных

КАРТОЧКА
ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРИВЯЗКИ ЛЕВОГО БАЗНОГО ПУНКТА

КАРТА 1:50000



Координаты точки разбивки определялись по карте 1:50000 от контурной точки (мост в кв. 6222) с использованием навигационной аппаратуры, α оси - с помощью гирокомпаса. Дирекционные углы плеч определялись с использованием гирокомпаса, длины плеч - с использованием ДДИ-3

15.40 14.03.92г.

Составил начальник базного пункта

Сержант (Ковалев)

Рис. 4.1. Карточка топогеодезической привязки

слоях атмосферы и изгибаясь, возвращаются к земной поверхности, правда, на различных дальностях от места своего зарождения. Следовательно, какие-то лучи достигнут и звукоприемников. Поскольку проходят эти лучи значительно выше 5—10 м, возникает необходимость знать значение метеорологических величин не только у земной поверхности.

Установлено, что звуковые лучи, распространяющиеся на дальности до 20 км, поднимаются на своем пути до 800 м. Основное влияние на скорость распространения звуковой волны оказывает изменение ветра и температуры воздуха.

Задачами метеорологической подготовки в подразделениях звуковой разведки являются:

определение направления и скорости наземного ветра и наземной температуры воздуха, а также их учет;

прием, анализ информации (метеобюллетеней) о распространении этих же метеорологических величин до высоты 800 м и при необходимости их учет в работе.

В результате анализа распределения метеоданных по высотам производят оценку условий слышимости. Если оказывается, что скорость звука с высотой возрастает, только в этом случае имеет смысл учитывать при ведении звуковой разведки метеорологические данные в приземном слое. Если же скорость звука с высотой остается неизменной или уменьшается, а также если метеорологический бюллетень устарел, в работе учитывают только наземные метеорологические данные, определенные непосредственно в подразделении звуковой разведки.

Старение бюллетеня связано либо с большим временем, прошедшим от его составления до использования, либо со значительным удалением метеостанции от района развертывания подразделения звуковой разведки. Пригодность метеобюллетеня можно установить, сличая, например, значение наземной виртуальной температуры воздуха $t^{мп}_{v_0}$, определенное в подразделении звуковой разведки, с этой температурой ($t^{м}_{v_0}$), полученной по данным третьей группы метеорологического бюллетеня «метеосредний». В бюллетене указано не само значение наземной виртуальной температуры, а ее отклонение от 15,9° ($\Delta\tau^{м}_0$).

Следовательно, $t^{м}_{v_0} = \Delta\tau^{м}_0 + 15{,}9°$.

Если разность $t^{мп}_{v_0} - t^{м}_{v_0}$ более чем 3°, можно считать данный бюллетень устаревшим.

Такой критерий и заложен в программу ЦВМ автоматизированных звукометрических комплексов.

Принять решение о необходимости учета распределения температуры воздуха и ветра по высоте можно, только предварительно рассчитав по данным бюллетеня «метеосредний» характер изменения скорости звука. Для расчета необходимо знать значения виртуальной температуры воздуха и ветра в приземных слоях атмосферы.

В бюллетене «метеосредний» указываются средние значения отклонений виртуальной температуры воздуха, направления и ско-

рости среднего ветра в слоях атмосферы от поверхности земли до стандартных высот (200, 400, 800, 1200 м и т. д.). Поэтому прежде чем выяснить, как будет изменяться скорость звука с высотой, необходимо перерассчитать данные, указанные в бюллетене, в действительные значения для высот 50, 150, 300, 500 и 700 м.

Перерасчет данных бюллетеня и расчет распределения скорости звука по высоте, да еще не в одном, а в трех направлениях распространения звуковых лучей (в направлениях директрис акустических баз), без применения вычислительной техники занимают много времени. Поэтому алгоритмом ЦВМ предусмотрены проведение указанных выше расчетов при введении в оперативное запоминающее устройство данных из метеорологического бюллетеня «метеосредний» и данных наземных измерений на метеорологическом посту подразделения звуковой разведки, а также сигнализация о целесообразности в сложившихся условиях учета распределения температуры и ветра на высотах. Однако при этом не учитывается способ топогеодезической привязки базных пунктов. До применения вычислительной техники существовало правило: учет распределения метеорологических данных по высоте производится только в том случае, если топогеодезическая привязка выполнена на геодезической основе. В других случаях считалось, что затраты времени на перерасчет бюллетеня «метеосредний» и расчет скорости звука на высотах неоправданны, так как получаемые уточнения в направления на цель малы по сравнению с теми ошибками, которые появляются в результате неточности топогеодезической привязки. При расчете с помощью ЦВМ никакого практически ощутимого увеличения времени не происходит, поэтому бюллетень «метеосредний» следует вводить в ЦВМ всегда, за исключением случаев явной его непригодности.

Бюллетень «метеосредний». Метеорологический бюллетень «метеосредний» используется в РВ и А Сухопутных войск как единый. На основании данных бюллетеня рассчитываются установки для открытия огня артиллерией, пусков ракет, ведения звуковой разведки и оценки радиационного заражения местности.

Для сокращения времени на передачу бюллетень «метеосредний» составляют только из цифр. При этом цифры располагают в группы так, что значение каждой цифры определяется ее местом в группе и местом группы в бюллетене.

При составлении метеорологических бюллетеней руководствуются следующими общими правилами:

если какие-либо данные фактически имеют меньшее количество цифр, чем им отведено, остающиеся места впереди этих цифр заполняют нулями;

если помещаемая величина имеет знак «минус», для условного обозначения отрицательного значения к первой отводимой для него цифре прибавляют условное число 5;

если отрицательное значение отклонения температуры воздуха, для которого отведено две цифры, достигает —50° и ниже, в бюл-

летене помещают это отклонение без прибавления условного числа 5.

Бюллетень «метеосредний» в установленное время принимают в подразделении звуковой разведки, как правило, по радио. Принимаются только первые десять групп бюллетеня. Метеонаблюдатель записывает принятый бюллетень в журнал учета метеоданных (табл. 4.1), выбирает из записанных групп необходимые данные (отклонение наземной виртуальной температуры воздуха от табличной, среднее отклонение температуры воздуха и средний ветер в слоях 0—200, 0—400 и 0—800 м) и вписывает в бланк метеорологических данных в виде двузначных групп (табл. 4.2).

Таблица 4.1

Журнал учета метеорологических данных

Дата	Время, ч. мин	Наземная температура, °С	Виртуальная поправка, °С	Виртуальная температура, °С	Наземный ветер		Метеобюллетень
					Направление	Скорость, м/с	
14.03. 92 г.	11.30	+3,6	+0,4	+4	28-00	3	Метео 1108—14113—0060
	12.00	+3,8	+0,4	+4	26-00	3	50463
	12.30	+4,6	+0,5	+5	24-00	4	02—642704 04—652605 08—662506

Таблица 4.2

Бланк метеорологических данных

Данные метеопоста			Данные метеобюллетеня									
$t_{v_0}^{мп}$	$\alpha_{V_0}^{мп}$	$V_0^{мп}$	$\Delta_{\tau_0}^{м}$	$\Delta_{\tau_{200}}$	$\alpha_{W_{200}}$	W_{200}	$\Delta_{\tau_{400}}$	$\alpha_{W_{400}}$	W_{400}	$\Delta_{\tau_{800}}$	$\alpha_{W_{800}}$	W_{800}
11.30 14.03.92 г.												
4	28	3	63	64	27	4	65	26	5	66	25	6
12.30 14.03.92 г.												
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Примерная запись и раскодирование бюллетеня «Метеосредний»: «Метео 1107—22113—0060—50463—0251—642704—0452—652605—0852—662506».

Первая группа из четырех цифр (1107) означает:

Метео 11 — условное обозначение бюллетеня «Метеосредний»;

07 — условный номер метеорологической станции, составившей бюллетень (№ 7).

Вторая группа из пяти цифр (22113) означает:

22 — число месяца;

113 — часы и минуты (в десятках), указывающие момент окончания зондирования атмосферы (11 ч 30 мин).

Третья группа из четырех цифр (0060) показывает высоту расположения метеостанции над уровнем моря в метрах (60 м).

Четвертая группа из пяти цифр (50463) означает:

504 — отклонение наземного давления атмосферы от табличного значения на уровне метеостанции в миллиметрах ртутного столба (—4 мм рт. ст.);

63 — отклонение наземной виртуальной температуры воздуха от табличного значения (15,9°) в градусах ($\Delta\tau^{м}_{0}=-13°$ С).

Пятая группа из четырех цифр (0251) означает:

02 — стандартная высота верхней границы слоя воздуха в сотнях метров (200 м), для которого приведены данные этой и следующей (шестой) группы;

51 — среднее отклонение плотности воздуха от табличной в данном слое в процентах (—1%), значения этого отклонения используются только в зенитной артиллерии.

Шестая группа из шести цифр (642704) означает:

64 — среднее отклонение температуры воздуха от табличной в градусах (—14° С);

27 — дирекционный угол направления (откуда дует) среднего ветра в больших делениях угломера (27-00);

4 — скорость среднего ветра в метрах в секунду (4 м/с).

Группы седьмая и восьмая содержат данные о средних отклонениях плотности и виртуальной температуры воздуха от табличных значений, а также о направлении и скорости среднего ветра в слое от 0 до 400 м, группы **девятая и десятая** — в слое от 0 до 800 м.

При вписывании в бланк (табл. 4.2) наземных метеоданных, измеренных в подразделении звуковой разведки, их округляют до 1° С, 1-00 и 1 м/с. Отрицательные значения отклонения температуры воздуха из бюллетеня вписывают в бланк в том виде, в каком они записаны в бюллетене, без вычитания условной цифры 5. Определение отрицательного значения будет произведено в ЦВМ автоматически.

Учет влияния метеоусловий в момент подхода звуковой волны к звукоприемникам. Очевидно, что измерение метеоданных, пусть даже с периодичностью в 5—10 мин, и определенное по ним значение скорости звука почти никогда точно не совпадают со ско-

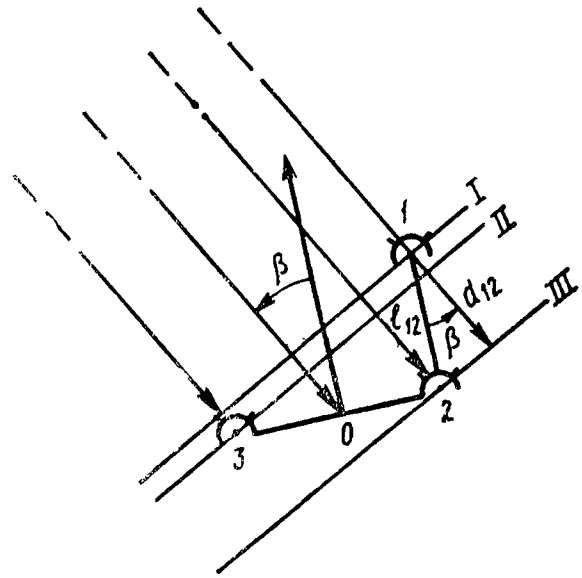


Рис. 4.2. Расчет скорости звука в момент подхода звуковой волны к звукоприемникам

ростью звуковой волны в момент достижения ею звукоприемников. Наилучшие результаты можно было бы получить при измерении метеоданных у каждого звукоприемника в момент приема информации аппаратурой. Практически это трудно осуществимо и громоздко. Однако, если выставляемый впереди (первый) звукоприемник иметь не только как автоматический предупредитель, но и как фиксатор времени подхода к нему звуковой волны выстрела (разрыва), можно было бы, зная его местонахождение (по данным топогеодезической привязки), иметь измерительную базу для практического определения скорости звука в момент его подхода.

На рис. 4.2 находящийся впереди звукоприемник *1* развернут на расстоянии l_{12} от звукоприемника *2*. Предположим (для короткой базы это допустимо), что звуковые лучи, идущие от цели, параллельны, а фронт волны плоский и последовательно занимает положения I, II и III. Разность времен τ_{12} подхода звука к 1-му и 2-му звукоприемникам характеризует время, затраченное на прохождение фронтом волны расстояния d_{12}. Тогда скорость распространения звука C на этом участке определится по формуле

$$C = d_{12}/\tau_{12}.$$

Величина d_{12} может быть найдена по известному значению l_{12} и углу β:

$$d_{12} = l_{12} \cdot \cos \beta.$$

Тогда скорость звука будет равна

$$C = l_{12} \cos \beta / \tau_{12}.$$

Опыты подтверждают, что такой подход к учету скорости звука при расчете пеленгов на звучащую цель дает уточнение в определяемом направлении на 30—35%.

Глава 5

ОШИБКИ В РАБОТЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

5.1. Общие понятия о случайных и систематических ошибках

Все измерения, расчеты и построения, с которыми приходится встречаться в практической работе, неизбежно сопровождаются ошибками. В этом можно легко убедиться, если в совершенно одинаковых условиях одним и тем же инструментом произвести ряд измерений одной и той же величины. Несмотря на неизменность условий, в которых выполняются эти измерения, результаты отдельных измерений будут, как правило, различными. При этом в зависимости от точности инструмента и условий, в которых проводятся измерения, различия в результатах могут быть больше или меньше, но будут они, как правило, всегда.

Обязательное появление ошибок при измерениях обусловлено тем, что любая работа, как бы тщательно она ни была обеспечена, неизбежно производится при наличии большого числа источников ошибок, каждый из которых дает свою элементарную ошибку. Сумма же этих элементарных ошибок и дает ошибку данного измерения.

Ошибки делятся на случайные и систематические.

Случайными называются такие ошибки, которые, являясь результатом взаимодействия большого числа источников ошибок, при каждом новом измерении одной и той же величины в одних и тех же условиях получают новые случайные значения.

Случайные ошибки, как правило, вызываются несовершенством приборов и наших органов чувств, главным образом зрения и слуха, изменением влияния внешней среды на процесс измерений и т. п. Случайные ошибки не поддаются конкретному учету и почти никогда не известно, с какой случайной ошибкой получен данный результат измерения. Эти ошибки неизбежны и сопровождают все измерительные работы. Их можно уменьшить выбором более точных приборов, более точного метода измерений, но от них нельзя избавиться. Так как случайные ошибки в работе звуковой разведки подчиняются главным образом нормальному закону распределения ошибок, об их влиянии на конечный результат измерений судят по срединным ошибкам.

Срединной ошибкой E называется такая ошибка, которая по своей абсолютной величине больше каждой из случайных ошибок одной половины и меньше каждой из случайных ошибок другой половины всех выписанных в ряд в возрастающем или убывающем порядке абсолютных значений отдельных ошибок.

Отдельная случайная ошибка, принимающая значение больше четырех срединных ошибок, маловероятна. Поэтому с достаточной для практики точностью наибольшая величина случайной ошибки принимается равной $\pm 4E$.

Систематическими называются ошибки, которые более или менее длительное время не изменяются, искажая конечный результат измерений в определенном направлении и на определенную величину. Источниками этих ошибок являются ошибки приборов, ошибки, вызываемые неполным учетом влияния внешней среды на процесс измерений, случайные ошибки, допущенные на каком-то предыдущем этапе измерений, и т. п. Например, если при топогеодезической привязке точек разбивки коротких акустических баз их координаты определяют с какими-то конкретными случайными ошибками, то они служат источником появления систематических ошибок в работе подразделения звуковой разведки. Примерами систематических ошибок могут также служить ошибки буссоли, ошибка в нанесении шкал приборов, ошибка в провешивании основного направления, ошибка в привязке огневой позиции и т. п.

В отличие от случайных ошибок систематические ошибки могут быть учтены, т. е. они могут быть исключены из конечного результата измерений, если удается установить их значение и знак. Пусть, например, при проверке какой-либо буссоли оказалось, что ей свойственна ошибка, равная «минус» 0-20. Для данного района местности в течение определенного отрезка времени «минус» 20 делений угломера составят систематическую ошибку этой буссоли. Поскольку значение и знак систематической ошибки данной буссоли известны, эту ошибку можно легко исключить из процесса измерений, для чего достаточно увеличить на 20 делений угломера определяемые с помощью указанной буссоли магнитные азимуты.

В работе звуковой разведки имеют место как случайные ошибки, так и систематические. Поэтому рассмотрим, как влияют эти ошибки на точность определения координат целей (реперов, разрывов снарядов и мин).

Если бы подразделение звуковой разведки было в своей практической работе свободно от каких-либо ошибок, положение цели определилось бы точно в точке $Ц_т$ (рис. 5.1). Но, так как такой случай является идеальным, для оценки точности координат целей, засекаемых в реальных условиях, следует учитывать те случайные ошибки, которые сопровождают работу подразделения звуковой разведки.

При расчете точного направления на цель по значению $\sin \beta_0$ точность определения угла β_0 характеризуется срединной угловой ошибкой $E_{\beta_0} \approx 0\text{-}02$. Отложив по обе стороны от истинных направлений на цель углы в 0-02, получим углы, в пределах которых бу-

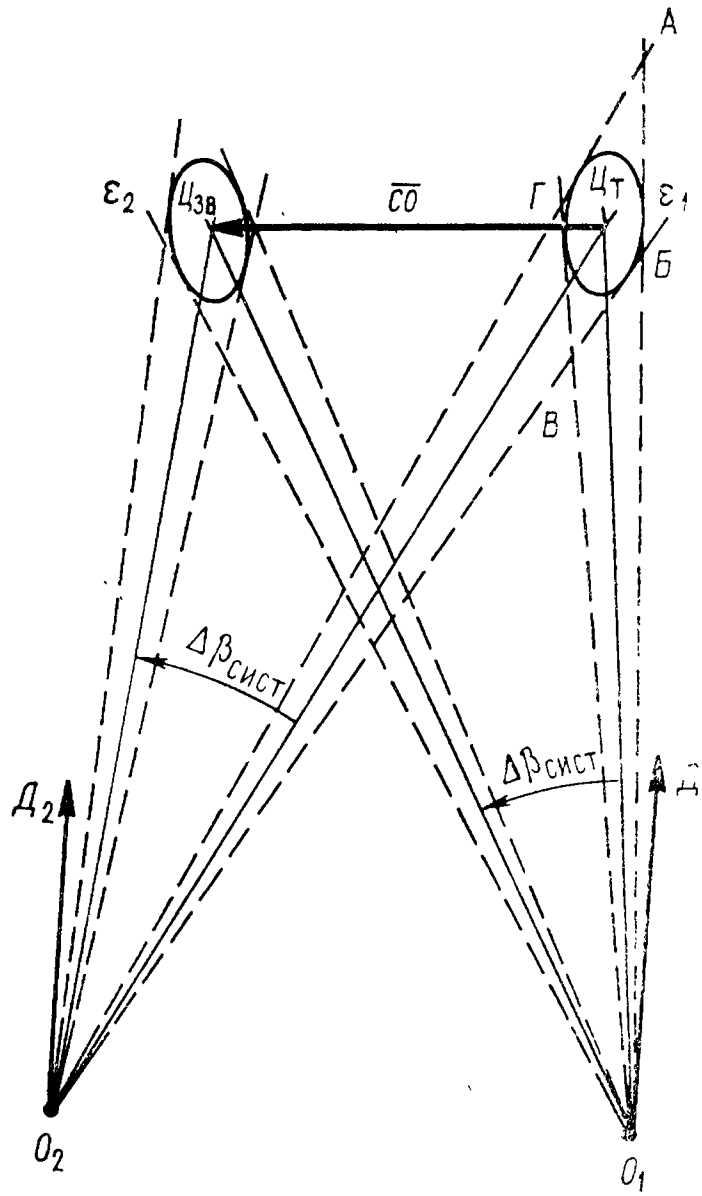


Рис. 5.1. Влияние случайных и систематических ошибок на точность засечки

дут лежать 50% всех направлений из центра данной базы на каждую цель, засекаемую n раз в одинаковых условиях.

Пересечение сторон этих углов образует четырехугольник *АБВГ*, на площади которого будут располагаться 25% всех засечек данной цели, полученных в одинаковых условиях. На площади же единичного эллипса засечек ε_1 число засечек составит лишь 20,3%. Таким образом, наличие случайных ошибок в работе подразделения звуковой разведки при определении направления на цель приводит к тому, что засечки одной и той же цели в одинаковых условиях получаются не в одной и той же точке, а распределяются на площади эллипса засечек в соответствии с нормальным законом ошибок.

В единичном эллипсе, как известно, любой отрезок, соединяющий центр с точкой на эллипсе, представляет собой величину срединной ошибки. Поэтому главные полудиаметры единичного эллип-

са засечек представляют собой срединные ошибки засечки по дальности ($E_д$) и по направлению (E_α).

Допустим далее, что по каким-то пока неизвестным причинам на акустических базах появились угловые систематические ошибки $\Delta\beta_{сист}$. Появление систематических ошибок на акустических базах (или на какой-либо одной акустической базе) приводит к тому, что в работе подразделения звуковой разведки появляется линейная систематическая ошибка $\overline{CO}$, смещающая эллипс засечек в какое-то новое положение с центром в точке $Ц_{зв}$. Значение и направление этой линейной систематической ошибки, а следовательно, и смещение эллипса засечек зависят от конкретных значений угловых систематических ошибок на акустических базах.

Напомним, что в результате появления систематической ошибки смещается только эллипс засечек цели, а сама цель остается на своем месте. Таким образом, при наличии в работе подразделения звуковой разведки только случайных ошибок найденное положение цели отличается от истинного на величину конкретной случайной ошибки данной засечки. При наличии же в работе подразделения звуковой разведки не только случайных, но и систематических ошибок положение цели определяется в пределах площади смещенного эллипса ε_2 и отличается от истинного положения цели на геометрическую сумму случайной и систематической ошибок.

5.2. Случайные ошибки определения направления на цель

Рассчитывая значение угла β_0 как совокупности случайных ошибок мы пользуемся большим количеством различных величин, из которых одна часть получена путем непосредственных измерений, а другая часть вычислена по результатам измерений исходных величин. Все эти величины определяются со случайными ошибками, вследствие чего и сама величина β_0 также определяется с какой-то случайной ошибкой, которая зависит от разброса зарегистрированных значений времени приема сигналов звукоприемниками, от погрешностей автоматической обработки, от ошибок определения скорости звука, направления и скорости ветра, от ошибок определения длины базы и от многих других ошибок, которые мы допускаем в процессе расчета этой величины.

Подавляющее большинство случайных ошибок, допускаемых в процессе расчета, следуют нормальному закону и только небольшая часть их (главным образом ошибки округления) следует закону равной вероятности. Поэтому можно допустить, что ошибки определения β_0 подчиняются лишь нормальному закону распределения ошибок в чистом виде либо закону, настолько к нему близкому, что практически его вполне можно принять за нормальный закон ошибок. А это значит, что характеристикой точности определения угла β_0 может служить срединная угловая ошибка E_{β_0}.

Найдем величину E_β и зависимость ее от тех конкретных условий, в которых ведется разведка звучащих целей.

В алгоритме ЦВМ автоматизированных комплексов АЗК в угол β предусмотрено введение одной поправки — на ветер $\Delta\beta_W$.

При работе с аппаратурой подвижного звукометрического комплекса поправки на параллакс перьев ($\Delta\beta_p$), на удаление цели ($\Delta\beta_n$) и превышение цели ($\Delta\beta_h$) в алгоритме ЦВМ опущены. Регистрирующий прибор АЗК конструктивно не имеет параллакса перьев; поправка на удаление цели при работе на коротких акустических базах равна нулю; поправка на превышение цели, если она имеет место, вводится отдельно.

Следовательно,

$$\sin\beta_0=\sin\beta+\sin\Delta\beta_W. \tag{5.1}$$

Но, так как $\sin\beta=C\tau/l$ согласно формуле (3.3), а $\sin\Delta\beta_W=(W/C)\sin\Theta$ согласно формуле (3.17), подставив значения поправки на ветер в выражение для $\sin\beta_0$ и преобразовав правую часть этого равенства, получим

$$\sin\beta_0=\frac{\tau+\dfrac{W}{C}T\sin\Theta}{T}, \tag{5.2}$$

где β_0 — исправленное значение угла β;

τ — разность времени ТВ3 — ТВ2, зафиксированная аппаратурой, мс;

T — база во времени, равная l/C, мс;

W — скорость ветра, м/с;

C — скорость звука, м/с;

Θ — угол ветра, град.

Числитель дроби, находящийся в правой части равенства (5.2), обозначим через τ_0, тогда

$$\sin\beta_0=\tau_0/T, \tag{5.3}$$

где τ_0 — отсчет разности времени с учетом поправок на ветер. На основании (5.3) можно написать, что

$$\beta_0=\arcsin(\tau_0/T). \tag{5.4}$$

Это равенство устанавливает зависимость между значением исправленного угла β_0 на цель и значениями исправленного отсчета τ_0 и базы во времени T. Это же равенство позволяет определить срединную ошибку E_{β_0}, пользуясь известным из теории ошибок правилом определения срединной ошибки функции по известным срединным ошибкам аргументов.

Рассмотрим это правило при вычислении срединной ошибки определения значения базы во времени E_T. Известно, что $T=l/C$. Для того чтобы найти срединную ошибку определения величины T по известным срединным ошибкам определения длины акусти-

ческой базы E_l и определения скорости звука E_c, поступают следующим образом.

Находят частные производные от величины T по аргументам l и C, полученные значения возводят в квадрат. Умножив затем квадраты частных производных на квадраты срединных ошибок соответствующих аргументов, по которым определялись частные производные, и извлекая корень квадратный из суммы рассчитанных произведений, получим искомое значение срединной ошибки функции.

В нашем примере производная $(l/C)' = (l'C - lC')/C^2$, но $l' = 1$ и $C' = 1$, тогда

$$(l/C)' = (C - l)/C^2 = C/C^2 - l/C^2.$$

Возведя в квадрат каждое полученное значение и умножив их на квадрат соответствующих значений срединных ошибок аргуметров, получим

$$E^2_c C^2/C^4 + E^2_l l^2/C^4.$$

Выразив C и l через значения T, будем иметь выражение, дающее возможность рассчитать $E_т$:

$$E_т = T\sqrt{\frac{E_c^2}{C^2} + \frac{E_l^2}{l^2}}. \qquad (5.5)$$

Пользуясь этим правилом и зависимостью (5.4), не приводя здесь все преобразования, заметим, что срединная ошибка определения угла β_0 может быть рассчитана по формуле

$$E_{\beta_0} = \sqrt{\frac{E^2_{\tau_0}}{T^2 \cos^2 \beta_0} + \frac{E^2_т}{T^2} \operatorname{tg}^2 \beta_0}. \qquad (5.6)$$

Это равенство устанавливает зависимость величины E_{β_0} от значения β_0 и T при данных значениях срединных ошибок E_{τ_0} и $E_т$, характеризующих точность определения исправленного отсчета и базы во времени. Для определения E_{β_0} необходимо знать значения $E_т$ и E_{τ_0}. Величина $E_т$, как мы выяснили, может быть рассчитана по формуле (5.5), для чего необходимо знание E_l и E_c.

Рассчитаем E_l. Определение длины акустической базы l в комплексах АЗК производится с использованием дальномеров ДДИ-3. Срединная ошибка определения расстояния с их помощью составляет 1/500 измеряемой дальности. При разбивке акустической базы, как правило, измеряют не длину базы l, а ее плечи l_2 и l_3. Тогда срединная ошибка определения длины базы E_l:

$$E_l = \frac{\sqrt{n}}{500} l,$$

где n — число измерений плеч.

Для акустических баз длиной 300—600 м величины E_l и E^2_l представлены в табл. 5.1.

Скорость звука C определяется по наземной виртуальной температуре воздуха $t^{\text{мп}}_{v_0}$ по формуле

$$C = 331 + 0{,}6t^{\text{мп}}_{v_0}$$

с точностью, которая характеризуется срединной ошибкой $E_c \approx 0{,}3$ м/с. Если для простоты расчетов принять $C = 300$ м/с, срединную относительную ошибку (отношение срединной ошибки

Таблица 5.1

Срединные ошибки определения длины акустических баз с использованием дальномера ДДИ-3 и квадраты этих ошибок

Ошибки	l, м						
	300	350	400	450	500	550	600
E_l, м	0,85	0,99	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7
E_l^2, м	0,7	0,98	1,3	1,6	2,0	2,4	2,9

определения величины к самой величине) определения скорости звука можно принять равной

$$E/C = 0{,}3/300 = 0{,}001, \text{ а } E^2/C^2 = 10^{-6}.$$

Для проведения расчетов по формуле (5.6) недостает значений $E^2_{\text{т}}/T^2$. Для нахождения этой величины воспользуемся формулой (5.5). Разделив обе части этой формулы на T, получим

$$\frac{E_{\text{т}}}{T} = \sqrt{\frac{E_c^2}{C^2} + \frac{E_l^2}{l^2}} \quad \text{или} \quad \frac{E_{\text{т}}^2}{T^2} = \frac{E_c^2}{C^2} + \frac{E_l^2}{l^2}. \tag{5.7}$$

Подставив значения E^2_l, l^2 и E^2_c/C^2 в формулу (5.7), составим таблицу значений квадрата срединной относительной ошибки определения базы во времени в зависимости от длины базы l (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Значения квадратов срединной относительной ошибки определения базы во времени в зависимости от длины базы

Относительная срединная ошибка	l, м						
	300	350	400	450	500	550	600
$E_{\text{т}}^2/T^2$	$9{,}0\cdot10^{-6}$	$9{,}0\cdot10^{-6}$	$9{,}0\cdot10^{-6}$	$9{,}0\cdot10^{-6}$	$9{,}0\cdot10^{-6}$	$9{,}0\cdot10^{-6}$	$9{,}0\cdot10^{-6}$

Из таблицы видно, что величина $E^2_т/T^2$ при длине акустической базы 300—600 м равна $9 \cdot 10^{-6}$.

Для определения величины E_{β_0} остается найти E_{τ_0}. Пользуясь значением, вытекающим из формулы (5.2), и обозначением, принятым для формул (5.3), получим

$$\tau_0 = \tau + (W/C) T \sin \Theta. \tag{5.8}$$

Так как слагаемые этого равенства характеризуются ошибками, не зависящими одна от другой, срединная ошибка определения исправленного отсчета E_{τ_0} определится по формуле

$$E_{\tau_0} = \sqrt{E^2_\tau + E^2_{\Delta W}}, \tag{5.9}$$

где E_τ — срединная ошибка определения отсчета;

$E_{\Delta W}$ — срединная ошибка определения поправки на ветер.

Значения точного времени ТВ3 и ТВ2 определяются с теми случайными ошибками, которые вызываются неточностями в работе генератора опорной частоты, формирующей масштаб времени, неполной идентичностью звукоприемных каналов, а также случайными ошибками автоматического определения моментов начал принимаемых сигналов. Для автоматизированных комплексов значение срединной ошибки определения точного времени составляет 0,5 мс. Так как отсчет τ определяется по значениям двух зафиксированных моментов времени, E_τ будет в $\sqrt{2}$ раз больше:

$$E_\tau = 0{,}5\sqrt{2} = 0{,}71. \tag{5.10}$$

Срединная ошибка определения поправки на ветер $E_{\Delta W}$ может быть найдена исходя из рассмотренного правила по формуле, вывод которой не приводится:

$$E_{\Delta W} = \frac{W}{C} T \sin \Theta \sqrt{\frac{E^2_W}{W^2} - \frac{E^2_т}{T^2} - \frac{E^2_c}{C^2} - \frac{E^2_\Theta}{\sin^2 \Theta} - E^2_\Theta}. \tag{5.11}$$

Из значений слагаемых, находящихся под знаком радикала, величины $E^2_т/T^2$ и E^2_c/C^2 нам известны. Найдем остальные.

При скорости ветра $W = 0$ поправка на ветер $\sin \Delta\beta_W$ также равна нулю, а при $W = 1$ м/с поправка на ветер еще настолько мала, что не может оказать существенного влияния на работу звуковой разведки.

При скорости ветра до 6 м/с срединная ошибка определения скорости ветра существующими приборами составляет примерно 0,5 м/с, при скорости от 6 до 16 м/с — примерно 1 м/с. Следовательно, квадрат срединной относительной ошибки E^2_W/W^2 будет находиться в пределах от $6 \cdot 10^{-2}$ до $0{,}5 \cdot 10^{-2}$ (рис. 5.2). Для средней скорости ветра 7 м/с квадрат срединной относительной ошиб-

ки будет равен $1{,}3 \cdot 10^{-2}$. Это значение принимаем для проведения последующих расчетов.

Угол Θ представляет собой разность дирекционных углов направлений ветра и на цель. Дирекционный угол направления директрисы определяется со срединной ошибкой $E_{\text{од}}$ не более чем 0-01, зато дирекционный угол направления ветра определяется ветромером с точностью $E_{\alpha_W} = 1\text{-}00$, вследствие чего и срединная ошибка определения угла Θ может быть принята равной 1-00 или 0,1 в радианах, а $E^2_\Theta = 10^{-2}$. Угол Θ изменяется в пределах от 0 до 360°, а $\sin^2\Theta$ — в пределах от 0 до 1,0, поэтому примем $\sin^2\Theta = 0{,}5$, а $E^2_\Theta/\sin^2\Theta = 2 \cdot 10^{-2}$.

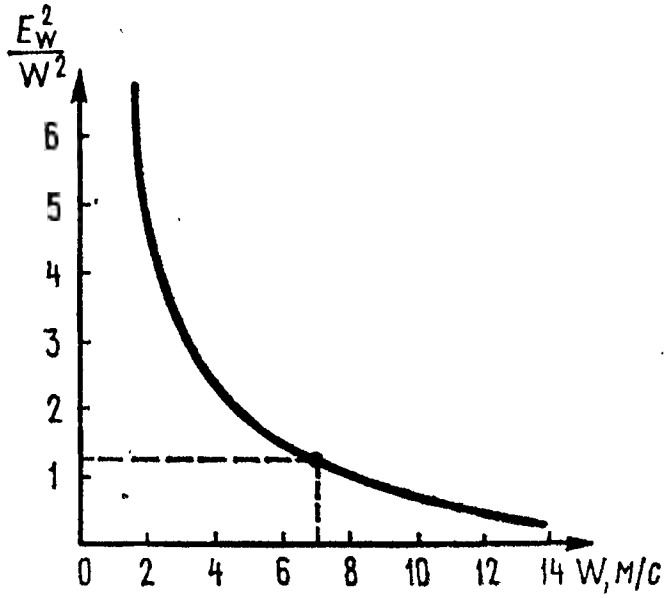


Рис. 5.2. График зависимости $E^2/W^2 = \varphi(W)$

Пользуясь полученными значениями подкоренных слагаемых, найдем срединную ошибку $E_{\Delta W}$ по формуле (5.11) для средних значений:

$$W = 7 \text{ м/с}; \ \Theta = 45°; \ C = 330 \text{ м/с}; \ l = 450 \text{ м};$$

$$E_{\Delta W} = \frac{7 \cdot 1{,}36 \cdot 0{,}707}{330} \sqrt{1{,}3 \cdot 10^{-2} + 9 \cdot 10^{-2} + 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-2} - 10^{-2}} \approx$$

$$\approx 3{,}09 \cdot 10^{-3}.$$

Найдя интересующие нас значения E_τ и $E_{\Delta W}$, вычислим по формуле (5.9) значение E_{τ_0}:

$$E_{\tau_0} = \sqrt{5{,}04 \cdot 10^{-7} + 9{,}55 \cdot 10^{-6}} \approx 3{,}17 \cdot 10^{-3}.$$

Полученный результат соответствует случаю, когда отсчет τ определяется только по одному приему сигналов звукоприемниками. Но так как направление на цель определяется по n отсчетам, то $(E'_\tau)^2 = E^2_\tau/n$ и $(E'_{\Delta W})^2 = E^2_{\Delta W}/n$.

Таким образом, в формуле (5.9) срединные ошибки E_τ и $E_{\Delta W}$ при числе отсчетов, равном n, уменьшатся в $\sqrt{n}$ раз. Тогда срединная ошибка определения исправленного отсчета E'_{τ_0} по n случаям приема информации от одной и той же цели

$$E'_{\tau_0} = \sqrt{\frac{E_\tau^2 + E_{\Delta W}^2}{n}}. \qquad (5.12)$$

Зависимость срединной ошибки исправленного отсчета от числа отсчетов $E'_{\tau_0} = \varphi(n)$ показана на рис. 5.3.

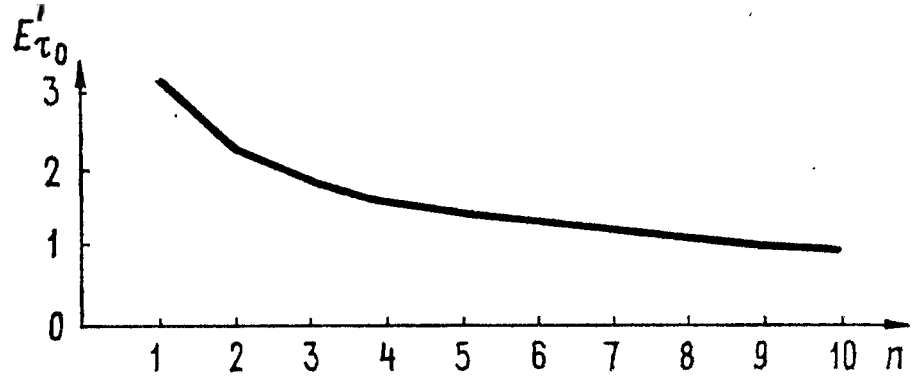


Рис. 5.3. График зависимости $E'_{\tau_0} = \varphi(n)$

Величина E_{β_0} зависит от величины E'_{τ_0}, поэтому, подставив ее в уравнение (5.6), получим формулу

$$E'_{\beta_0} = \sqrt{\frac{(E'_{\tau_0})^2}{T^2 \cos^2 \beta_0} + \frac{E_\tau^2}{T^2} \operatorname{tg}^2 \beta_0}. \qquad (5.13)$$

В табл. 5.3 даны значения E'_{β_0}, рассчитанные в зависимости от числа отсчетов от 1 до 10 при следующих постоянных значениях: $l = 450$ м; $C = 330$ м/с; $\beta_0 = 5\text{-}00$; $E_\tau^2/T^2 = 9 \cdot 10^{-6}$. Как видно из этой таблицы, увеличение количества отсчетов (более 3—4) не приводит к существенному уменьшению срединной ошибки E'_{β_0} в определении направления на цель.

Таблица 5.3

Срединные ошибки E'_{β_0} в зависимости от количества отсчетов, принимаемых к обработке

Комплекс	Количество отсчетов n									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АЗК	3,1	2,5	2,3	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9
СЧЗ-6М	3,9	3,3	3,1	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8

Не приводя расчетов, следует отметить, что при работе со станцией СЧЗ-6М из-за наличия дополнительных источников ошибок (нечеткие записи начал, ошибки в снятии отсчетов с ленты, в определении параллакса перьев и др.) срединная ошибка определения направления на звучащую цель больше.

Однако на практике случайные ошибки пеленга на звучащую цель всегда больше. До последнего времени считалось, что основной причиной ошибок пеленга являются ошибки в определении величин, входящих в формулу (5.2), особенно скорости и направления ветра. Поэтому делался вывод, что основной путь повышения точности работы звуковой разведки лежит в совершенствовании методов определения и учета скорости и направления ветра. Справедливость этого вывода как бы подтверждается тем обстоятельством, что при существующей точности определения значений τ, C, l, входящих в формулу (5.3), ошибки в их определении не могут привести к большим погрешностям в вычислении β_0 (табл. 5.3). Однако анализ результатов опытов, проведенных в полигонных условиях, при самом тщательном метеорологическом обеспечении с дублированием измерений различными независимыми средствами показывает, что ошибки в расчете пеленга не могут быть объяснены только ошибками в измерении скорости и направления ветра.

Известно, что основная звукометрическая формула (3.3) выведена в условиях ряда допущений. В частности, одно из них предполагает, что атмосфера, в которой распространяется звуковая волна, однородна. Реальная же атмосфера не является однородной средой и все время находится в чрезвычайно сложном (турбулентном) движении, что приводит к изменению траектории звукового луча, скорости звука и к деформации фронта звуковой волны. Горизонтальная проекция этого фронта на земной поверхности не представляет собой правильную окружность, а перпендикуляр, восстановленный из центра какого-либо отрезка фронта волны, не совпадает с направлением на источник звука. Учесть эти постоянно изменяющиеся (пульсирующие) искажения фронта волны не представляется возможным. Вызываемые этим ошибки и определяют возможную предельно достижимую точность расчета направлений на звучащую цель (разрыв), характеризующуюся срединной ошибкой $E_{\beta_0} \approx 0\text{-}03$.

Ошибки в определении пеленга на источник звука по формуле (5.2) можно условно разделить на две группы:

ошибки, вызванные свойствами реальной атмосферы, приводящими к невыполнению допущений, лежащих в основе метода разности времени;

ошибки, возникающие из-за неточного определения входящих в формулу (5.2) величин.

Каждая из этих групп ошибок, как правило, включает в себя случайную составную часть, изменяющуюся по величине и знаку, и часть, повторяющуюся в данном опыте от сигнала к сигналу.

Соотношение случайных повторяющихся ошибок в общей ошиб-

ке пеленга непостоянно. Влияние случайных ошибок может быть уменьшено путем увеличения числа засечек (см. табл. 5.3), по которым определяется пеленг. Влияние повторяющихся ошибок при увеличении числа засечек не изменяется. Уменьшить влияние этой части ошибок на точность определения координат целей (разрывов) можно путем увеличения числа акустических баз и вычисления осредненных координат по данным нескольких геометрических баз. Однако возможности этого пути ограничены, так как определение координат по данным различных геометрических баз нельзя считать полностью независимым.

5.3. Систематическая ошибка в работе подразделения звуковой разведки

Источники появления систематической ошибки

До сих пор мы рассматривали случайные ошибки в работе подразделений звуковой разведки и их влияние на точность результатов разведки. При этом было установлено, что точность определения направления на цель из центра акустической базы характеризуется срединной угловой ошибкой E_{β_0}, из-за чего положение звучащей цели определяется со срединной эллиптической ошибкой. Эти выводы были сделаны при условии, что все величины, знание которых необходимо при ведении разведки, определены или рассчитаны с точностью, которая характеризуется наличием только случайных ошибок, т. е. без систематических ошибок. Однако в практической работе приходится встречаться с тем, что систематические ошибки в значительной мере искажают результаты разведки, если в процессе работы они не были учтены. Причинами, вызывающими появление систематических ошибок в работе подразделения звуковой разведки, являются:

ошибки топогеодезической привязки акустических баз;

ошибки, вызываемые неполным учетом влияния метеорологических условий;

ошибки приборов (инструментальные).

Ошибки топогеодезической привязки акустических баз

При проведении работ по топогеодезической привязке акустических баз допускают ошибки, подавляющая часть которых представляет собой случайные ошибки. Величина этих случайных ошибок зависит главным образом от способа выполнения привязки. Таким образом, точка разбивки акустической базы привязывается с вполне конкретной ошибкой, имеющей определенные значение и направление. Эти ошибки, появляясь в процессе топопривязки как случайные, сохраняют свои значения и направления на протяжении всего времени пребывания подразделения звуковой

разведки в данном боевом порядке и искажают результаты разведки, т. е. по характеру своего влияния на работу подразделения звуковой разведки эти ошибки становятся систематическими. Кроме того, топогеодезическая привязка может сопровождаться и систематическими ошибками, которые в сочетании с конкретными случайными ошибками могут ухудшить точность получаемых координат целей. С этими ошибками (как случайными, так и систематическими) особенно приходится считаться при тех способах топогеодезической привязки, которые характеризуются низкой точностью.

При дальнейшем рассмотрении вопроса о влиянии ошибок топогеодезической привязки мы будем анализировать конкретные ошибки привязки, не интересуясь причинами, вызвавшими их возникновение.

Ошибки топогеодезической привязки подразделения звуковой разведки могут привести:

к смещению центра акустической базы;

к ошибкам в определении дирекционных углов направлений плеч и директрис акустических баз;

к ошибкам определения длины акустической базы.

В отдельных случаях ошибки топогеодезической привязки могут привести или только к смещению центра, или только к повороту директрисы, или только к неверному определению длины базы. Однако в подавляющем большинстве случаев ошибки топогеодезической привязки приводят к тому, что все три элемента акустической базы (положение центра и директрисы, длина акустической базы) будут в итоге рассчитаны с ошибками.

Ошибки из-за смещения центра акустической базы. Пусть точ-

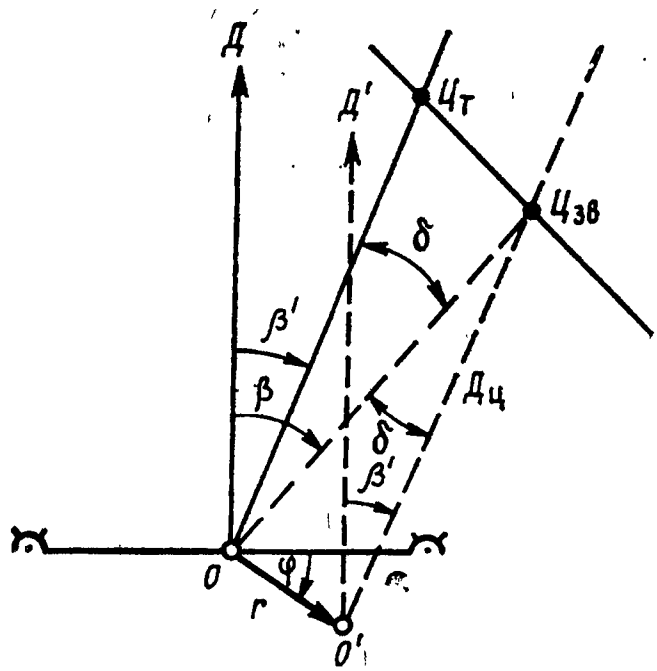


Рис. 5.4. Влияние ошибки определения центра акустической базы на точность определения направления на цель

ка O (рис. 5.4) — истинное положение центра и $ОД$ — истинное направление директрисы акустической базы. Допустим, что в результате ошибок топогеодезической привязки центр базы определен в точке O', тогда директриса переместится параллельно и займет положение $O'Д'$. Отрезок OO' равный r, характеризует линейную величину смещения центра акустической базы, а угол φ — направление смещения. Допустим, что угол β' определен точно, тогда направление на цель $O'Ц_{зв}$ будет параллельно истинному направлению на цель $ОЦ_т$. Следовательно, в этом случае угол β на звучащую цель от директрисы $ОД$ будет рассчитан с угловой ошибкой δ. Угол $ОЦ_{зв}O'$ тоже будет равен углу δ. Из треугольника $Ц_{зв}OO'$ следует (по теореме синусов), что

$$\sin\delta/r = (\sin \angle Ц_{зв}OO')/Д_ц,$$

но, так как $\angle Ц_{зв}OO' = 90° - \beta + \varphi$,

$$\sin\delta = (r/Д_ц)\sin[90° - (\beta - \varphi)].$$

Окончательно можно записать:

$$\sin\delta = (r/Д_ц)\cos(\beta - \varphi). \qquad (5.14)$$

Таблица 5.4

Ошибки в направлении на цель (в дел. угл.) из-за смещения центра акустической базы при углах $\beta = 30°$

$Д_ц$, м	Угол φ, °								
	0	15	30	45	60	75	90	105	120
				$r = 5$ м					
7 500	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0
10 000	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,1	0
12 500	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0
15 000	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0
				$r = 10$ м					
7 500	1,1	1,3	1,3	1,3	1,1	1,0	0,77	0,3	0
10 000	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,5	0,2	0
12 500	0,6	0,88	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,2	0
15 000	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2	0
				$r = 25$ м					
7 500	2,9	3,2	3,3	3,2	2,9	2,4	1,7	0,9	0
10 000	2,2	2,4	2,5	2,4	2,2	1,8	1,2	0,6	0
12 500	1,7	1,9	2,0	1,9	1,7	1,4	1,0	0,5	0
15 000	1,4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,2	0,8	0,4	0

Пользуясь этой формулой, произведем расчет угловых ошибок, вызванных смещением центра акустической базы.

Значение r возьмем наибольшее, допускаемое при привязке (0,5 мм в масштабе карты 1 : 50 000), т. е. 25 м, а также 10 и 5 м. Расчет произведем для дальностей 7,5; 10; 12,5 и 15 км для угла $\beta = 30°$. Угол φ будем изменять через 15°. Полученные результаты сведем в таблицу (табл. 5.4).

Анализируя данные таблицы, можно сделать следующие выводы:

ошибка определения направления на цель из-за смещения центра акустической базы невелика ($\approx$1—3 дел. угл.);

ошибка увеличивается с возрастанием ошибки топогеодезической привязки и уменьшается с увеличением дальности засечки;

при постоянных значениях r и $Д_ц$ ошибки достигают максимальных значений при $\varphi = \beta$.

Ошибки в определении дирекционных углов направлений плеч и директрис акустических баз. Допустим, что в результате определения дирекционного угла направления директрисы акустической базы допущена ошибка. Тогда вместо истинного направления *ОД* (рис. 5.5) директриса займет положение *ОД'*. Рассчитываемые впоследствии по углам β_0 дирекционные углы направлений на звучащую цель будут определяться от неверного значения $\alpha'_{од}$, т. е. с постоянной ошибкой $\Delta\alpha_{од}$. Это самая значительная ошибка в работе звуковой разведки, вызываемая ошибками топогеодезической привязки. Случайная ошибка в определении $\alpha_{од}$ становится

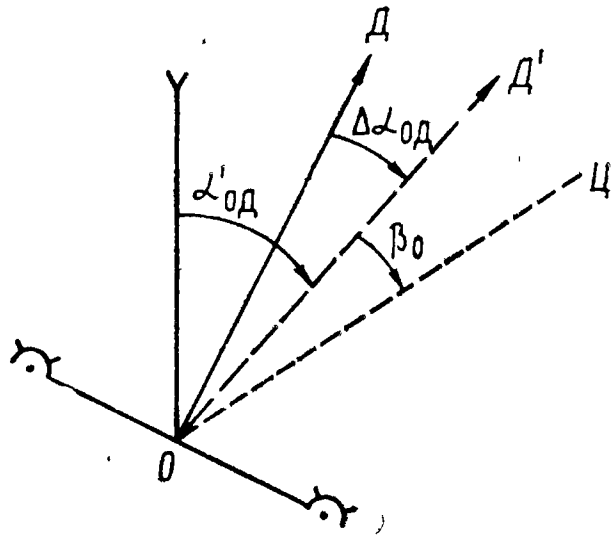


Рис. 5.5. Появление угловой систематической ошибки при повороте директрисы акустической базы

систематической в дальнейшей работе подразделения звуковой разведки и полностью входит в ошибку направления на цель, поэтому необходимо принимать меры к определению $\alpha_{од}$ более точными способами. Недопустимо использование с этой целью буссоли ПАБ-2, так как срединная ошибка в определении дирекцион-

ных углов направлений с ее помощью равна 0-02—0-04. При 3—4 срединных ошибках поворот директрисы составит 0-06—0-16, что приведет к значительным искажениям направления на цель, а следовательно, и к ошибкам в определении координат цели. Отсюда исходит требование — определять дирекционные углы направлений директрис гироскопическим (E_α=0-00,3) или астрономическим (E_α=0-01) способом.

Ошибка из-за неверного определения длины акустической базы. Пусть истинная длина базы l, а измеренная $l'=l+\Delta l$, тогда вместо значения $\sin\beta=C\tau/l$ будет определено ошибочно $\sin\beta'=C\tau/l'=C\tau/(l+\Delta l)$. Ошибка направления на цель из центра данной базы, очевидно, выразится формулой

$$\sin\beta'-\sin\beta=C\tau/(l+\Delta l)-C\tau/l=-(\Delta l/l)\,C\tau/(l+\Delta l),$$

или

$$\sin\beta'-\sin\beta=-(\Delta l/l)\sin\beta'.$$

Так как $\sin\beta'-\sin\beta=2\cos[(\beta'+\beta)/2]\sin[(\beta'-\beta)/2]$, предыдущее равенство можно записать в следующем виде:

$$2\cos[(\beta'+\beta)/2]\sin[(\beta'-\beta)/2]=-(\Delta l/l)\sin\beta'.$$

Угол β' не может отличаться от угла β на значительную величину. Поэтому, принимая $(\beta'+\beta)/2\approx\beta'$, а $(\beta'-\beta)/2=\Delta\beta/2$, получим

$$2\cos\beta'\sin(\Delta\beta/2)=-(\Delta l/l)\sin\beta'$$

или

$$\sin(\Delta\beta/2)=-(\Delta l/2l)\operatorname{tg}\beta'.$$

Для малых углов можно считать, что синус угла пропорционален самому углу, поэтому окончательно получим

$$\sin\Delta\beta=-(\Delta l/l)\operatorname{tg}\beta',$$

т. е. ошибка направления, вызываемая ошибкой в определении длины акустической базы, зависит от относительной ошибки в определении $\Delta l/l$ и от угла направления на цель. Рассчитаем по этой формуле ошибки и сведем результаты в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Угловые ошибки определения направления на цель (в дел. угл.) из-за ошибок в определении длины акустической базы (при l=350 м)

Δl, м	β_0, °								
	0	10	15	20	25	30	35	40	45
1	0	0,5	1,8	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5	2,9
3	0	1,5	2,2	3,1	4,0	4,9	6,0	7,6	8,6
5	0	2,5	3,8	5,2	6,7	8,2	10,0	12,7	14,3
10	0	5,0	7,7	10,4	13,3	16,5	20,0	25,5	28,6

Анализируя таблицу, можно сделать следующие выводы:

угловая ошибка в определении направления на звучащую цель из-за ошибок в определении длины акустической базы возрастает с увеличением Δl и угла β;

на практике допустима ошибка в определении l, равная ± 1 м, так как при бо́льших значениях Δl угловые ошибки значительно повлияют на точность определения направления на цель, а следовательно, и на точность координат цели. Отсюда требование к измерению длины базы непосредственным промером ее ($E_l = 0{,}001l$) или с помощью дальномера ДДИ-3 ($E_l = 0{,}002l$);

углы β_0 при засечках цели не должны превышать 40°.

Ошибки, вызываемые неполным учетом метеорологических условий

В ходе распространения звуковая волна подвергается влиянию метеорологических величин, вследствие чего аппаратурой фиксируется время подхода звука к звукоприемникам, отличное от того, которое было бы зафиксировано в однородной среде. Введение поправок на влияние температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра имеет целью исправить искаженный отсчет $\tau = ТВ3 — ТВ2$ и привести его к истинному значению.

Ошибки, вызываемые влиянием метеорологических величин на работу звуковой разведки, могут быть разбиты на две группы, из которых одна относится к случайным ошибкам, оказывающим влияние на эллиптическую ошибку засечки, а другая — к систематическим ошибкам.

Значения метеорологических величин определяются по показаниям приборов за некоторый промежуток времени, но, так как метеорологические величины изменяются непрерывно и при этом весьма значительно даже на протяжении очень коротких промежутков времени, средние значения метеовеличин (особенно направление и скорость ветра) не характеризуют полностью влияние метеорологических условий в данный момент времени.

Таким образом, всегда существует различие между мгновенными и средними значениями метеорологических величин, которое и является причиной появления случайных ошибок.

Кроме того, происходит еще «старение» метеоданных, т. е. средние значения метеовеличин, измеренные метеопостом, начинают отличаться на некоторую величину от средних значений метеовеличин в момент засечки цели. Таким образом, происходит недоучет влияния метеорологических условий, который на определенном отрезке времени имеет характер систематической ошибки. Поэтому и поправки, вводимые на основании средних значений, измеренных метеопостом, не исключают полностью тех искажений, которые вносятся в значение угла β влиянием метеорологических величин в момент засечки цели. Этот недоучет и приводит к тому, что рассчитанное значение угла β все же отличается от истинного.

Однако недоучет влияния метеоусловий, вызываемый расхожде-

нием между средними значениями метеорологических величин и их конкретными значениями в момент засечки цели, не приводит на практике к значительным систематическим ошибкам. Гораздо большие ошибки получаются при введении поправок на ветер без учета его распределения по высоте.

При распространении звуковой волны в неоднородной и к тому же перемещающейся среде акустические лучи претерпевают преломление. При этом в зависимости от конкретного распределения метеорологических величин по высоте акустические лучи могут подниматься на значительную высоту (до 300—350 м и более).

С изменением высоты меняются и значения метеовеличин, а также их влияние на степень искажения отсчета. Очевидно, что вводимые поправки тем полнее будут исключать ошибки отсчета, чем точнее удастся определить значения метеорологических величин, оказывающих наибольшее влияние на распространение интересующей нас звуковой волны.

Существующая методика пересчета средних значений метеовеличин бюллетеня «метеосредний» в действительные предусматривает линейное распределение метеорологических величин в слоях атмосферы, что далеко не всегда так, особенно в приземном слое.

В подразделениях звуковой разведки поправку на ветер $\Delta\beta_w$ определяют по наземному ветру, направление и скорость которого отличаются от направления и скорости ветра на высоте распространения звукового луча. На определенном отрезке времени это различие остается примерно одинаковым, а недоучет его носит систематический характер.

Следовательно, как недоучет влияния метеовеличин, вызванный «старением» бюллетеня, так и замена метеорологических величин в одном слое (высотном) значениями этих же величин в другом слое (обычно наземном) приводят к угловым ошибкам при определении направления на цель.

Хотя значения метеорологических величин непрерывно изменяются, тем не менее угловая ошибка определения направления на цель, вызываемая неполным учетом влияния этих величин, для некоторого промежутка времени может быть принята постоянной. Этот промежуток времени будет тем больше, чем устойчивее во времени будут значения метеорологических величин.

Таким образом, если ограничить пределы измерений метеорологических величин, т. е. считать на протяжении определенного отрезка времени метеорологические условия практически постоянными, для данного отрезка времени угловая ошибка определения направления на цель из-за неполного учета влияния метеорологических величин может быть действительно принята за ошибку систематическую.

Ошибки приборов (инструментальные ошибки)

Современный уровень развития техники позволяет создать достаточно точные технические средства звуковой разведки. Влияние

ошибок приборов на точность определения координат целей (разрывов) ничтожно мало по сравнению с ошибками, зависящими от природы распространения звуковых волн.

Инструментальные ошибки автоматизированных комплексов носят случайный характер, но благодаря принятым конструктивным мерам для стабилизации этих ошибок (использование кварцевой стабилизации частоты, введение автоматической подстройки частоты, поддержание температурного режима отдельных узлов и различные виды калибровки перед началом и в ходе боевой работы) в течение определенного времени их следует считать систематическими.

Круговая инструментальная ошибка в определении координат целей (разрывов) комплексов АЗК не превышает 50 м.

5.4. Принцип учета систематической ошибки в работе подразделения звуковой разведки

Исключить полностью систематические ошибки в определении направлений на звучащую цель из центров акустических баз не всегда представляется возможным. Учет возникающих систематических ошибок возможен на основе данных, полученных уже после того, как подразделение звуковой разведки развернется в боевой порядок и будет закончена топогеодезическая привязка акустических баз.

Угловые значения систематической ошибки для каждой базы могут быть определены, если будут известны истинное положение источника звука $R_{ист}$ (рис. 5.6) и его координаты, определенные подразделением звуковой разведки. Такой точкой обычно является

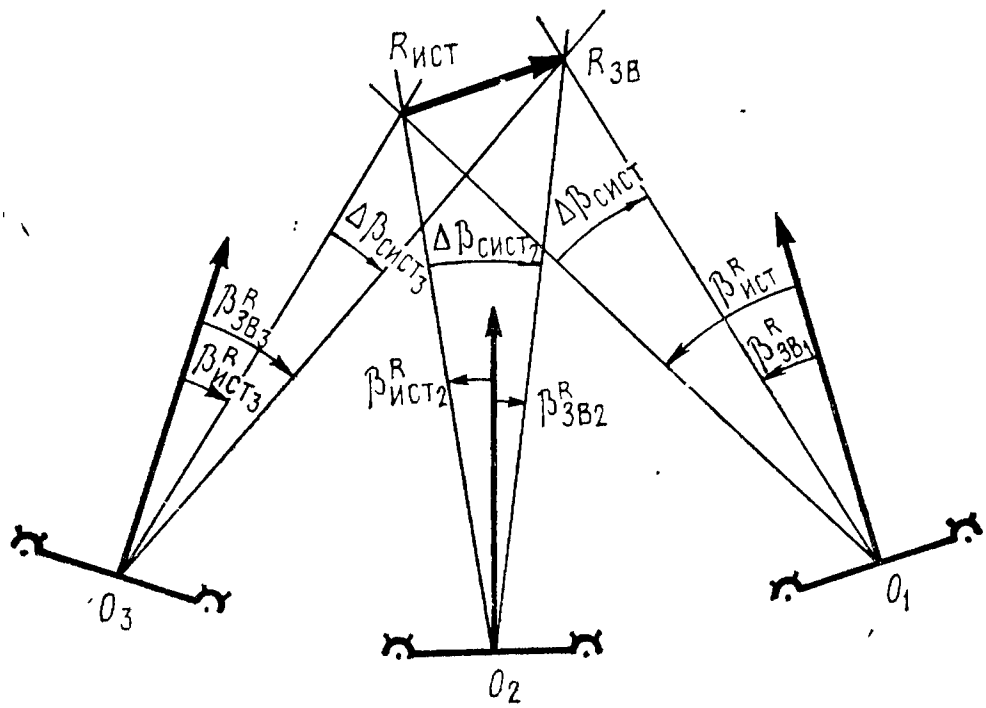


Рис. 5.6. Определение поправок на систематическую ошибку

звуковой репер $R_{зв}$, представляющий собой центр группы разрывов. Для определения значения и знака систематической ошибки (своей для каждой базы) создаются фиктивные звуковые реперы (наземные, воздушные), пристреливаются действительные реперы или используются данные о засечке выстрелов батареи противника, принимаемые за репер. В каждом случае должны быть получены координаты реперов, засекаемых подразделением звуковой разведки, и другим, более точным средством. К этим средствам относятся сопряженное наблюдение, радиолокационные станции типа СНАР или АРСОМ и безбазовые квантовые дальномеры. Координаты действительного репера могут быть определены по карте или аэрофотоснимку. При засечке репера должны быть выполнены следующие требования:

координаты наблюдательных пунктов, позиций РЛС должны быть определены на геодезической основе, по карте с впечатанными координатами контурных точек или по карте (аэрофотоснимку) масштаба не мельче 1 : 50 000 с помощью приборов, в том числе аппаратуры наземной навигации при длине маршрута (хода) не более 3000 м;

ориентирование приборов (аппаратуры) должно быть проведено гироскопическим, астрономическим, геодезическим способами или передачей дирекционного угла направления (определенного одним из перечисленных выше способов) одновременным отмечанием по небесному светилу;

угол засечки репера сопряженным наблюдением должен быть не менее 1-00 при взаимной видимости пунктов и не менее 2-50 при отсутствии взаимной видимости приборов наблюдения;

координаты действительного репера определяются по аэрофотоснимку с координатной сеткой или путем перенесения точки действительного репера с разведывательного снимка на карту или по карте масштаба не мельче 1 : 50 000.

Невыполнение этих требований не только не исключит систематическую ошибку, но и увеличит ее. Для создания наземного фиктивного звукового репера выбирается место с твердым грунтом. Точка накола репера выбирается в районе уже разведанных целей или в районе, где предполагается нахождение основной группировки артиллерии (минометов) противника. Разрывы снарядов должны хорошо наблюдаться с постов (позиций) привлекаемых к засечке средств разведки.

Воздушный звуковой репер для учета систематической ошибки рекомендуется создавать при следующих условиях:

наземные разрывы в намеченном районе не наблюдаются привлекаемым к их засечке средством;

в районе создания репера нет площадки с твердым грунтом или она покрыта глубоким снегом;

неблагоприятные метеорологические условия сокращают дальность засечки звука разрыва снаряда при ударной стрельбе.

Высота воздушного звукового репера не должна превышать 300 м. Действительным звуковым репером является группа разры-

вов снарядов, засеченных после завершения пристрелки местного предмета, координаты которого точно известны (с карты, аэрофотоснимка, из каталога и пр.).

Стрельба при создании наземных звуковых реперов ведется с установкой взрывателя на осколочное действие или с радиовзрывателем, так как всякое проникновение снаряда в преграду на какую-либо глубину вызывает поглощение части энергии звуковой волны разрыва, что при равенстве всех прочих условий сокращает дальность засечки разрыва. По этим же причинам не рекомендуется создавать наземный звуковой репер на заболоченной почве, торфяниках или вообще на почве с мягким грунтом. Ошибки, вызванные неточной топогеодезической привязкой, зависят в некоторой степени от положения цели (угла β), а ошибки из-за неполного учета метеорологических условий — от степени изменения метеорологических величин. Поэтому звуковые реперы для учета систематической ошибки должны создаваться на таких удалениях от цели, при которых изменение положения цели или изменение значения метеорологических элементов не вызовут изменений систематической ошибки, превышающих допустимые.

Опытным путем было установлено, что удаление цели от звукового репера не должно превышать 2,5 км, если при этом длина базы определена с точностью до 1 м. При учете систематической ошибки, полученной с помощью звукового репера, следует иметь в виду, что ошибки из-за смещения центра акустической базы при этом не выбираются.

Что же касается времени, на протяжении которого можно пользоваться результатами обработки звукового репера, то оно определяется следующими допустимыми изменениями метеорологических величин:

изменения наземной температуры не превышают 3°;

изменения скорости наземного ветра не превышают 2 м/с, а направления — 4-00.

В дальнейшем метеорологические условия в пределах указанных ограничений будем называть практически постоянными.

При больших изменениях любой из перечисленных метеорологических величин необходимо контролировать звуковой репер стрельбой.

Если по результатам засечки репера, полученным от более точного средства разведки, нанести его положение на планшет (см. рис. 5.6) и принять это положение за репер ($R_{ист}$), то с планшета легко снять углы $\beta^{R}_{ист}$ для каждой акустической базы. Определенные по основной звукометрической формуле (3.3) значения углов $\beta^{R}_{зв}$ также будут известны, тогда значение угловой систематической ошибки легко определить как разность углов $\beta^{R}_{ист}$ и $\beta^{R}_{зв}$.

Для того чтобы сразу получить значение поправки на систе-

матическую ошибку $\Delta\beta_{сист}$, а не саму ошибку, следует рассчитывать ее по формуле

$$\Delta\beta_{сист} = \beta^{R}_{ист} - \beta^{R}_{зв}.$$

При этом следует иметь в виду, что при определении угла $\beta^{R}_{зв}$ никаких поправок в него не вводилось.

В ЦВМ расчет поправок на систематическую ошибку идет несколько иначе. После введения в ЦВМ координат $R_{ист}$ рассчитываются дирекционные углы направлений из центров акустических баз $\alpha^{R}_{ист}$ (рис. 5.7). Имея в памяти дирекционные углы направлений из тех же центров баз на репер $\alpha^{R}_{зв}$, рассчитанные по полученной с базных пунктов информации, производится расчет поправок на систематическую ошибку:

$$\Delta\beta_{сист} = \alpha^{R}_{ист} - \alpha^{R}_{зв}. \qquad (5.15)$$

Учет поправки на систематическую ошибку производится для каждой базы по формулам:

$$\beta_0 = \beta + \Delta\beta_{сист} \text{ (при ручном расчете)};$$

$$\alpha_ц = \alpha_{од} + \beta + \Delta\beta_{сист} \text{ (при машинной обработке)},$$

где β_0 — исправленное значение угла от директрисы на цель;

β — угол, вычисленный по формуле (3.3);

$\alpha_ц$ — дирекционный угол направления на цель из центра базы;

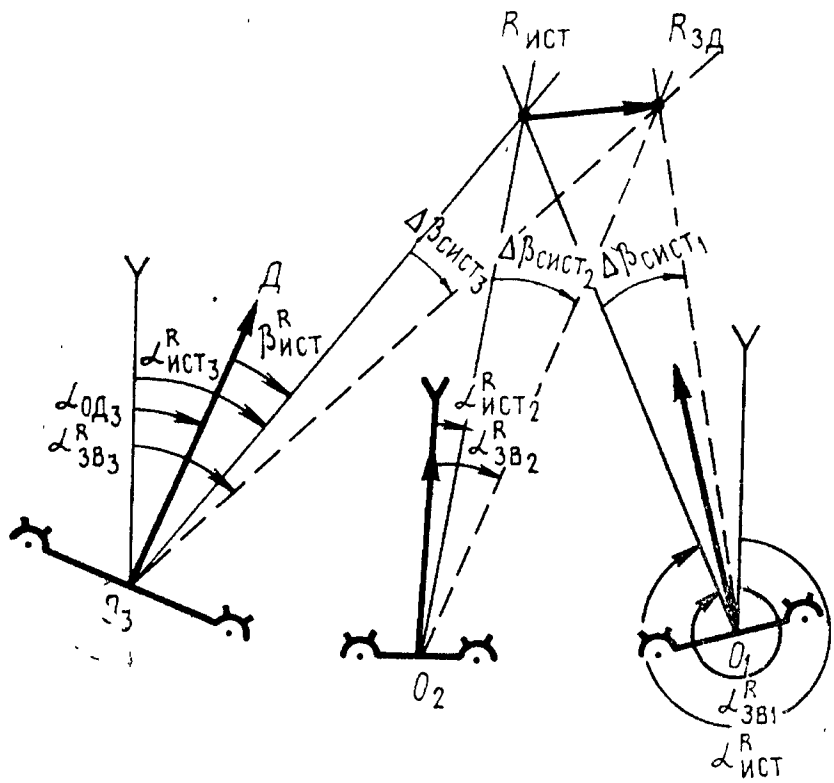


Рис. 5.7. К вопросу определения поправок на систематическую ошибку в ЦВМ

$\alpha_{од}$ — дирекционный угол направления директрисы.

Хранение в памяти ЦВМ угловых поправок на систематическую ошибку происходит совместно с координатами звукового репера, по которому определялись эти поправки. При очередном поступлении информации с базных пунктов о целях она обрабатывается по основному алгоритму. Полученные координаты цели сравниваются с хранимыми координатами $R_{зв}$. Если до вновь разведанной цели удаление от $R_{зв}$ менее 2,5 км, координаты такой цели автоматически пересчитываются с учетом хранимых значений угловых поправок на систематическую ошибку и только после такого перерасчета выдаются на печать.

5.5. Ошибка засечки цели (репера, разрыва) с двух базных пунктов

Рассмотрим ошибки, характеризующие точность определения координат цели прямой засечкой.

В подразд. 5.2, рассматривая ошибку определения направления на цель (репер, разрыв), мы справедливо полагали, что только случайные ошибки в определении длины акустических баз l приводят к ошибкам определения угла β, так как значение l входит в формулу определения этого угла ($\sin\beta = C\tau/l$). Рассматривая вопрос о точности засечки цели, необходимо учесть, что случайные ошибки топогеодезической привязки базных пунктов приводят не только к ошибкам определения длины акустических баз и вследствие этого к ошибкам определения угла β, но и к ошибкам в определении центров акустических баз и дирекционных углов их директрис, а эти ошибки, в свою очередь, не изменяя величины углов β, изменяют положения их на плоскости, из-за чего вносятся дополнительные ошибки в определяемые направления на цель.

Пусть положение центра акустической базы определено с неко-

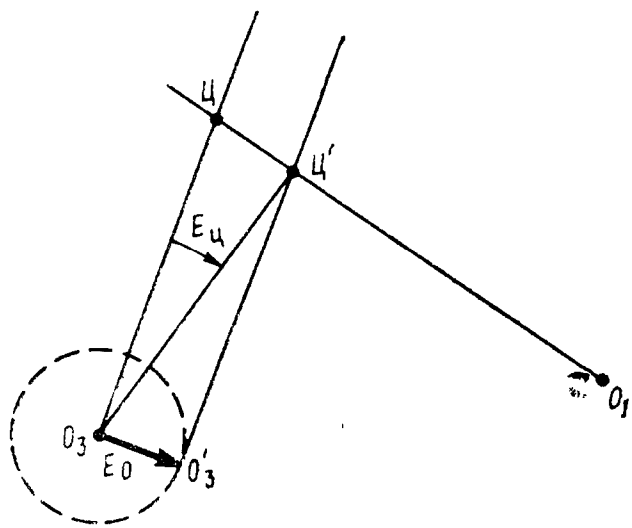


Рис. 5.8. Угловая срединная ошибка определения пеленга на цель $E_ц$

торой круговой ошибкой E_0, которая на рис. 5.8 изображена вектором $O_3O'_3$, расположенным перпендикулярно направлению на цель (наиболее неблагоприятный случай). Тогда угловая срединная ошибка определения направления на цель из-за случайных ошибок, допущенных при определении координат центра базы ($E_ц$), может быть найдена для равного ей угла $O_3Ц'O'_3$ по тысячной дальности $Д$ (отрезок $O_3Ц' \approx O'_3Ц'$) и $E_ц = E_0 \cdot 10^3/Д$.

При привязке на геодезической основе E_0 можно принять равной 3 м, что для малых и средних дальностей засечки дает значение $E_ц \approx 0{,}5$ дел. угл.

Срединная угловая ошибка при работе со штатными приборами определения дирекционного угла директрисы $E_{од}$, а следовательно, и направления на цель примерно равна 0-01.

Срединную угловую ошибку при аналитическом определении направления на цель E_{β_0} с учетом влияния и случайных ошибок топогеодезической привязки на геодезической основе можно определить по формуле

$$E_{\beta_0} = \sqrt{(E'_{\beta_0})^2 + E_ц^2 + E_{од}^2}. \qquad (5.16)$$

При $E'_{\beta_0} = 2{,}1$, $E_ц = 0{,}5$ и $E_{од} = 0{,}1$

$$E_{\beta_0} = \sqrt{2{,}1^2 + 0{,}5^2 + 0{,}1^2} \approx 2{,}16 \approx 0\text{-}02{,}2.$$

Срединные угловые ошибки определения направлений на цель из центров акустических баз приводят к эллиптической ошибке засечки. Найдем элементы эллиптической ошибки засечки. Пусть при засечке орудий противника направление на цель из центра правой акустической базы (рис. 5.9) определено точно, а из центра левой — со срединной угловой ошибкой E_{β_0}. В этом случае цель будет нанесена не в точке $Ц$, а в точке $Ц_1$, лежащей на линии $O_1Ц_1$, т. е. с ошибкой, характеризующейся вектором $ЦЦ_1$, и окажется на линии наблюдения из центра правой акустической базы. Если же допустить, что направление на цель из центра левой акустической базы определено точно, а из центра правой — со срединной ошибкой E_{β_0}, то цель окажется нанесенной в точке $Ц_2$, лежащей на линии $O_3Ц_2$, т. е цель определится с ошибкой $ЦЦ_2$ и окажется на линии наблюдения из центра левой акустической базы. Следовательно, в результате того, что направление на цель из центров фланговых акустических баз определено со срединными угловыми ошибками E_{β_0}, ошибки в определении положения цели являются ошибками-векторами, идущими под углом γ одна к другой. Такие ошибки, как известно из теории ошибок, приводят к эллиптической ошибке засечки цели.

Рассмотрим более подробно параметры, характеризующие эллиптическую ошибку засечки цели (рис. 5.10), для чего представим отдельно в увеличенном масштабе верхнюю часть рис. 5.9. Вследствие того что срединная угловая ошибка E_{β_0} мала, допус-

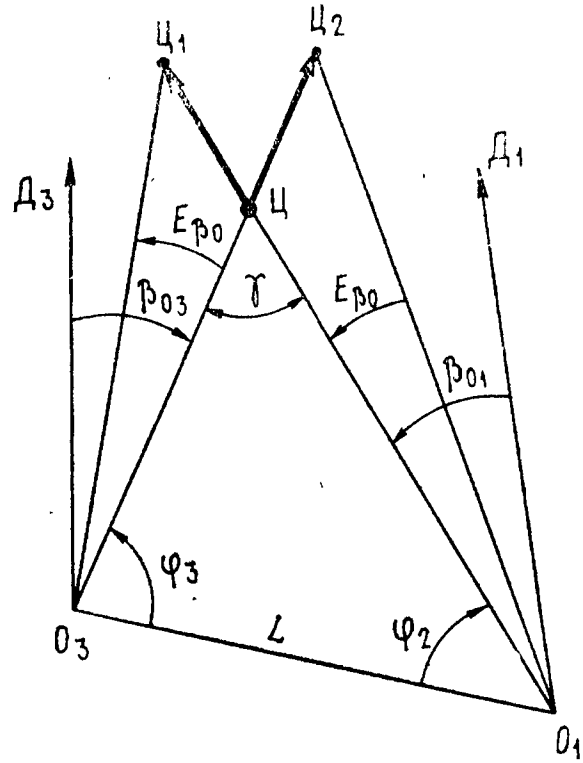


Рис. 5.9. Векториальные ошибки, идущие под углом $\gamma/2$ одна к другой

тим, что отрезки $O'_1Ц_2$ и $O'_3Ц_1$, представляющие собой направления на цель, параллельны истинным направлениям на цель $O_1Ц$ и $O_3Ц$.

Опустим из точки $Ц$ перпендикуляр $ЦК_1$ на линию $O'_3Ц_1$ и перпендикуляр $ЦК_2$ на линию $O'_1Ц_2$. При этом образуются два прямоугольных треугольника $ЦК_1Ц_1$ и $ЦК_2Ц_2$.

Решая эти треугольники, получим:

из треугольника $ЦК_2Ц_2$, что $ЦЦ_2 = ЦК_2/\sin\gamma$; (5.17)

из треугольника $ЦК_1Ц_1$, что $ЦЦ_1 = ЦК_1/\sin\gamma$. (5.18)

$ЦК_1$ и $ЦК_2$ легко находятся по известным значениям E_{β_0} и дальности засечки $Д$:

$$ЦК_1 = \frac{Д_3}{1000} E_{\beta_0};$$

$$ЦК_2 = \frac{Д_1}{1000} E_{\beta_0}.$$

Обозначив ошибки $ЦЦ_2$ через d_1, $ЦЦ_1$ через d_2 и подставив найденные значения $ЦК_1$ и $ЦК_2$ в равенства (5.17) и (5.18), получим:

$$d_1 = \frac{E_{\beta_0} Д_1}{1000 \sin\gamma}; \quad (5.19)$$

$$d_2 = \frac{E_{\beta_0} Д_3}{1000 \sin\gamma}. \quad (5.20)$$

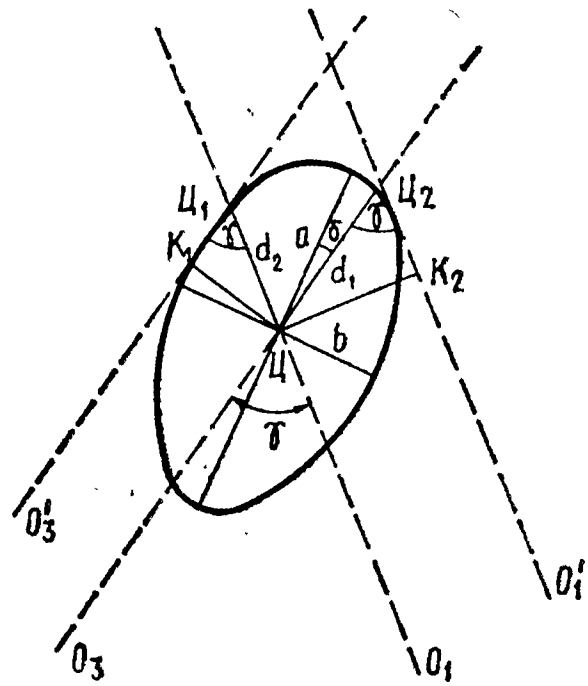


Рис. 5.10. Эллиптическая ошибка засечки цели

Так как нас интересуют не сами ошибки d_1 и d_2, а параметры, характеризующие единичный эллипс, воспользуемся найденными значениями d_1 и d_2, чтобы определить главные полуоси эллипса и угол наклона большой оси.

Для определения величины большой полуоси a единичного эллипса ошибок, спроецируем векторы ошибок d_1 и d_2 на направление большой полуоси и полученные проекции сложим по правилу сложения ошибок, идущих в одном направлении.

Проекция ошибки d_1 на направление большой полуоси

$$d'_1 = d_1 \cos \delta,$$

а проекция ошибки d_2 на то же направление

$$d'_2 = d_2 \cos (\gamma - \delta),$$

где δ — угол, образованный пересечением большой полуоси эллипса с линией наблюдения из центра левой базы.

Тогда величина большой полуоси a единичного эллипса ошибок определится формулой

$$a = \sqrt{d_1^2 \cos^2 \delta + d_2^2 \cos^2 (\gamma - \delta)}. \qquad (5.21)$$

Из аналитической геометрии известно, что в эллипсе сумма квадратов главных полудиаметров равна сумме квадратов двух любых сопряженных полудиаметров. Так как векторы ошибок d_1

и d_2 — сопряженные полудиаметры, на основании указанного можно написать:

$$a^2+b^2=d^2_1+d^2_2.$$

Это равенство позволяет найти величину малой полуоси b единичного эллипса ошибок:

$$b=\sqrt{d_1^2+d_2^2-a^2}. \tag{5.22}$$

В полученных формулах остался неизвестным угол δ, характеризующий направление большой полуоси эллипса ошибок. Заметим, что знание угла δ необходимо не только для расчета главных полуосей эллипса, но и для ориентирования эллипса ошибок на плоскости, без чего эллипс ошибок не может дать полной характеристики точности засечки цели.

Угол δ определяется по формуле из теории ошибок

$$\operatorname{tg} 2\delta=\frac{\sin 2\gamma}{(d_1/d_2)^2+\cos 2\gamma}. \tag{5.23}$$

Подставив значения d_1 и d_2 в равенства (5.21), (5.22) и (5.23), окончательно получим формулы для расчета главных полуосей единичного эллипса ошибок и угла наклона его большой оси:

$$a=\frac{E_{\beta_0}}{1000\sin\gamma}\sqrt{Д_1^2\cos^2\delta+Д_3^2\cos^2(\gamma-\delta)}; \tag{5.24}$$

$$b=\frac{E_{\beta_0}}{1000\sin\gamma}\sqrt{Д_1^2\sin^2\delta+Д_3^2\sin^2(\gamma-\delta)}; \tag{5.25}$$

$$\operatorname{tg} 2\delta=\frac{\sin 2\gamma}{(Д_1/Д_2)^2+\cos 2\gamma}. \tag{5.26}$$

В некоторых случаях необходимо знать не только значения главных полудиаметров и тангенс угла наклона большой оси эллипса ошибок, но и его площадь, которая, как известно, выражается через значения главных полудиаметров следующей формулой:

$$S=\pi ab. \tag{5.27}$$

Рассчитав значения a и b по формулам (5.24) и (5.25), находят площадь единичного эллипса по формуле (5.27).

Для случая, когда центры акустических баз равноудалены от цели ($Д_1=Д_3=Д$), угол $\delta=\gamma/2$. Это в значительной мере упрощает приведенные выше формулы, так как в этом случае

$$d_1=d_2=\frac{E_{\beta_0}Д}{1000\sin\gamma},$$

следовательно,

$$a = \frac{E_{\beta_0} Д}{1000\sqrt{2}\sin\gamma/2}. \qquad (5.28)$$

Аналогично:

$$b = \frac{E_{\beta_0} Д}{1000\sqrt{2}\cos\gamma/2}; \qquad (5.29)$$

$$\operatorname{tg} 2\delta = \operatorname{tg}\gamma = \frac{\sin 2\gamma}{1+\cos 2\gamma}; \qquad (5.30)$$

$$S = \frac{\pi E_{\beta_0} Д^2}{\sin\gamma} 10^{-6}. \qquad (5.31)$$

Заменив в формулах (5.28) и (5.29) $1/\sqrt{2}$ на 0,71 и выразив дальность засечки $Д$ не в метрах, а в километрах, получим следующие уравнения для расчета параметров единичного эллипса ошибок при симметричном расположении центра акустических баз:

$$a = 0{,}71 \frac{E_{\beta_0} Д}{\sin\gamma/2}; \qquad (5.32)$$

$$b = 0{,}71 \frac{E_{\beta_0} Д}{\cos\gamma/2}; \qquad (5.33)$$

$$S = \pi ab = \frac{\pi E_{\beta_0} Д^2}{\sin\gamma}. \qquad (5.34)$$

Пример. Батарея противника засечена по звуку со срединными угловыми ошибками $E_{\beta_{0_1}} = E_{\beta_{0_3}} = E_{\beta_0} = 0\text{-}03$. Центры акустических баз расположены относительно цели симметрично. $Д_1 = Д_3 = Д = 10$ км. Угол засечки $\gamma = 30°$. Определить главные полудиаметры и площадь единичного эллипса ошибок засечки цели.

Решение:

$$a = 0{,}71 \cdot 3 \cdot 10/0{,}26 = 82{,}3 \text{ м};$$
$$b = 0{,}71 \cdot 3 \cdot 10/0{,}966 = 22{,}1 \text{ м};$$
$$S = 3{,}14 \cdot 82{,}3 \cdot 22{,}1 = 5071 \text{ м}^2.$$

Формулы (5.28) и (5.29) позволяют установить характер изменения эллиптической ошибки. Рассмотрим два случая.

Первый случай. Дальность засечки $Д$ — величина постоянная, а угол засечки γ — величина переменная.

Обозначим через K_1 постоянную величину:

$$K_1 = \frac{E_{\beta_0} Д}{1000\sqrt{2}},$$

тогда

$$a = K_1/\sin(\gamma/2); \quad b = K_1/\cos(\gamma/2).$$

Эти две формулы позволяют установить характер изменения ве-

личины главных полуосей единичного эллипса ошибок в зависимости от угла засечки γ (длины геометрической базы) при данном значении дальности засечки.

При $\gamma=0$ значение $\sin\gamma/2$ обращается в ноль и большая полуось a единичного эллипса становится равной бесконечности, т. е. засечки фактически нет. С увеличением угла $\gamma/2$ примерно до 30° величина $\sin\gamma/2$ растет очень быстро, а величина a так же быстро уменьшается. При дальнейшем увеличении угла $\gamma/2$ скорость возрастания $\sin\gamma/2$ уменьшается, соответственно уменьшается и скорость убывания a. Наконец, при $\gamma/2=90°$ $\sin\gamma/2$ становится равным единице, а $a=K_1$. Таким образом, при изменении угла $\gamma/2$ от 0 до 90° большая полуось единичного эллипса ошибок вначале (до значения $\gamma/2\approx30°$) быстро убывает, а затем начинает постепенно приближаться к значению постоянной величины K_1 (рис. 5.11, кривая A).

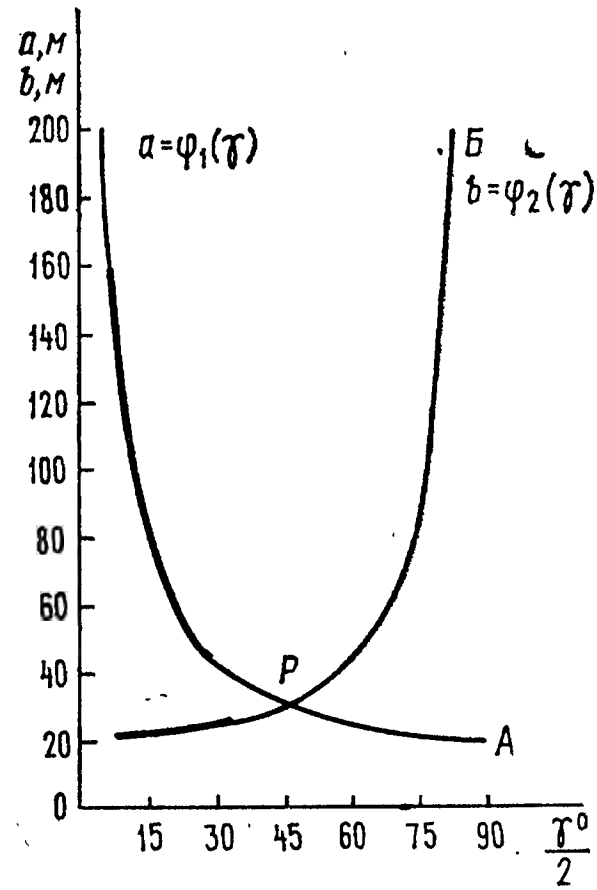


Рис. 5.11. Изменение полуосей эллипса засечек в зависимости от величины угла $\gamma/2$ при постоянной дальности $Д$

Малая полуось b единичного эллипса обратно пропорциональна не $\sin\gamma/2$, а $\cos\gamma/2$, вследствие чего малая полуось b вначале (до значения $\gamma/2\approx60°$) увеличивается медленно, а затем все быстрее, стремясь достигнуть бесконечности при $\gamma/2=90°$ (рис. 5.11, кривая $Б$).

На рис. 5.11 более толстыми линиями отмечены те участки кривых, которые отвечают наиболее часто встречающимся на практике значениям угла γ. Анализ графика и формулы (5.32) позволяют сделать следующие выводы:

величина большей полуоси единичного эллипса ошибок прямо пропорциональна срединной угловой ошибке E_{β_0}, дальности засечки $Д$ и обратно пропорциональна $\sin\gamma/2$. При постоянных значениях E_{β_0} и $Д$ величина a существенно зависит от угла засечки γ: с увеличением угла засечки она уменьшается, а с его уменьшением увеличивается. При этом с достаточной для практики точностью можно считать, что величина a изменяется обратно пропорционально изменению γ;

хотя кривая A (рис. 5.11) на участке от $\gamma/2=0$ до $\gamma/2=15°$ идет круто вниз, тем не менее в этих пределах большая полуось все еще очень велика (при $\gamma/2=15°$ $a\approx 4K_1$). Поэтому боевой порядок надлежит строить таким образом, чтобы исключить или всемерно ограничить случаи засечки цели при углах $\gamma<30°$;

величина малой полуоси b также прямо пропорциональна E_{β_0} и $Д$, но обратно пропорциональна $\cos\gamma/2$, что предопределяет очень медленный подъем кривой, а следовательно, и увеличение b при углах от $\gamma/2=0$ до $\gamma/2=30°$. Вследствие этого в практической работе с изменением малой полуоси в зависимости от угла γ можно не считаться;

точка P, где кривые пересекаются, дает значение угла $\gamma/2$, при котором эллиптическая ошибка превращается в круговую.

Второй случай. Длина геометрической базы $L=\text{const}$, а величины γ и $Д$ — переменные (при этом E_{β_0} также считаем величиной постоянной). Обозначив через K_2 постоянную величину $K_2=\dfrac{E_{\beta_0}}{1000\sqrt{2}}$, соответственно получим следующие выражения для a и b:

первое — $a=K_2Д/\sin(\gamma/2)$;

второе — $b=K_2Д/\cos(\gamma/2)$.

Рассмотрим первое равенство. При постоянном значении величины L и конечных дальностей до цели угол засечки γ не может быть равен нулю, но если взять величину γ очень малой (близкой к нулю), то очевидно, что такому углу γ при $L=\text{const}$ будет отвечать очень большая дальность засечки, которая стремится к бесконечности с приближением величины угла γ к нулю.

С увеличением угла $\gamma/2$ значение $\sin\gamma/2$ начинает быстро расти, но в то же время быстро убывает и $Д$. Быстрое уменьшение числителя при одновременном увеличении знаменателя приводит к очень быстрому уменьшению величины a (рис. 5.12, кривая A). При этом для соответственных значений $\gamma/2$ скорость уменьшения величины a будет значительно больше, чем для первого случая (рис. 5.11, кривая A). Начиная примерно с $\gamma/2=30°$ скорость изменения большей полуоси a уменьшается как вследствие меньшей скорости изменения величины $\sin\gamma/2$, так и $Д$ и значение большой

полуоси постепенно приближается к величине a_{min}, равной $КД_{min}$.

Перейдем к рассмотрению второго равенства. При очень малых значениях угла γ $\cos\gamma/2=1$, но, так как для конечных значений L угол γ, близкий к нулю, может быть получен только при очень больших дальностях засечки, очень малым значениям угла $\gamma/2$ соответствуют очень большие значения величины b. С увеличением угла $\gamma/2$ величина b уменьшается и, достигнув минимума при $\gamma/2=45°$, начинает затем возрастать, стремясь при $\gamma/2=90°$ к бесконечности (рис. 5.11, кривая *Б*). В том, что кривая *Б* на рис. 5.12 действительно будет иметь указанный характер, можно легко убедиться. В самом деле, при увеличении угла $\gamma/2$ до 45° $\cos\gamma/2$ будет убывать сравнительно медленно, в то время как $Д$ будет убывать довольно быстро. Быстрое убывание числителя при сравнительно медленном уменьшении знаменателя вызывает быстрое уменьшение величины b. При увеличении угла $\gamma/2$ более 45° дальность засечки начинает изменяться все медленнее, стремясь в пределе, при симметричном расположении центров акустических баз относительно цели, к величине $L/2$, но зато значение $\cos\gamma/2$ с увеличением угла $\gamma/2$ после 45° убывает все быстрее, что в сочетании со все замедляющимся уменьшением $Д$ снова приводит к быстрому увеличению значения b.

Сравнивая кривые на рис. 5.11 и 5.12, мы видим, что для второго равенства изменение главных полудиаметров единичного эллипса ошибок носит несколько иной характер, чем в первом. Из рис. 5.12 видно, что при изменении угла $\gamma/2$ в пределах от 7°30′ до 30° изменяются как величина a, так и величина b, при этом изменение величины a происходит значительно быстрее, чем на рис. 5.11. Что касается кривой *Б* (рис. 5.12), характеризующей изменение величины b, то и она изменяется значительно быстрее, чем для соответствующих углов на рис. 5.11. Таким образом, в реальных условиях работы, когда засечка целей производится на различных дальностях и при разных углах засечки, необходимо считаться с изменением обоих главных полудиаметров эллипса ошибок. Это, естественно, делает еще более, чем в первом случае, нежелательной засечку целей при углах $\gamma<30°$.

Анализируя график на рис. 5.12, можно сделать следующие выводы:

при значениях $\gamma/2$ от 0 до 45° полуось a всегда остается больше полуоси b;

при $\gamma/2=45°$ полуоси единичного эллипса ошибок становятся равными, что означает превращение эллиптической ошибки в круговую ошибку;

при углах $\gamma/2>45°$ полуось a становится меньше полуоси b, что свидетельствует о повороте единичного эллипса ошибок на 90°.

Заметим, что при несимметричном положении цели относительно центров фланговых акустических баз ($Д_1\neq Д_3$) в зависимости от положения цели изменяются не только значения главных по-

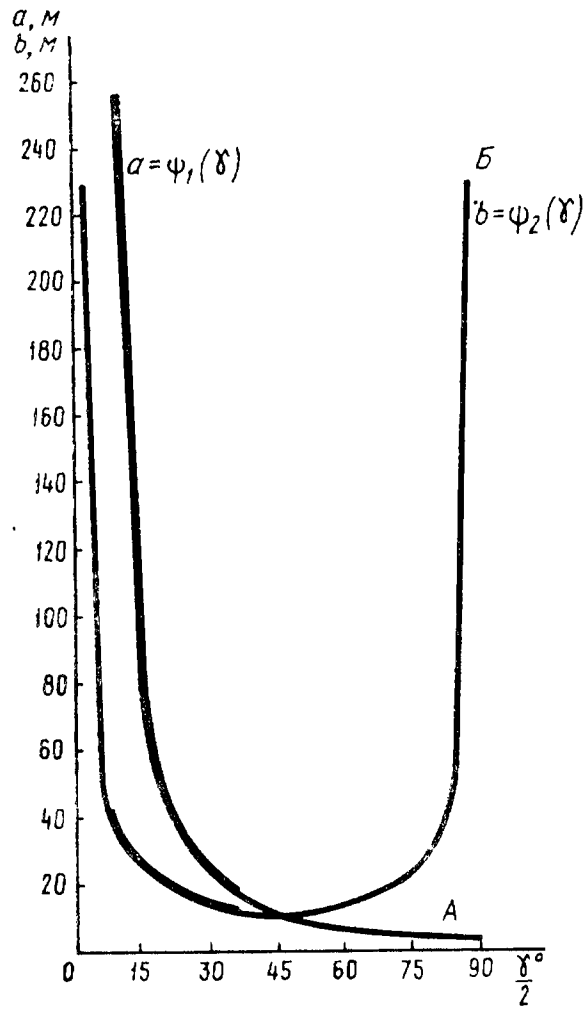


Рис. 5.12. Изменение полуосей эллипса засечек в зависимости от величины угла $\gamma/2$ при постоянной базе L

лудиаметров единичного эллипса ошибок, но и угол наклона его большой оси, т. е. изменяется ориентировка единичного эллипса ошибок. Поэтому при таком несимметричном положении цели представление об эллиптической ошибке засечки можно иметь только в случае, когда известны его главные полудиаметры и значение $\operatorname{tg} 2\delta$ [равенство (5.26)].

В обоих рассмотренных случаях мы видим, что засекать цели при углах $\gamma < 30°$ крайне нежелательно, так как при этом очень быстро растут эллиптические ошибки засечки даже при постоянном значении срединной угловой ошибки определения направления на цель.

Как видно из формул (5.32) и (5.33), величина большой и малой полуосей эллипса засечек при постоянном значении E_{β_0} зависит от $Д$ и угла γ, которые, в свою очередь, связаны между собой через длину геометрической (построительной) базы L.

Поэтому правильный выбор длины геометрической базы исключает, как правило, засечку целей при нежелательно малых

углах засечки. Найдем оптимальное значение длины геометрической базы. Для этого преобразуем формулу (5.32):

$$a = 0{,}71 \frac{E_{\beta_0} Д}{\sin \gamma/2}.$$

Из рис. 5.13 видно, что $\operatorname{tg} \gamma/2 = L/2Д$ или $\sin \gamma/2 = (L/2Д)\cos \gamma/2$.

Тогда формула (5.32) примет следующий вид:

$$a = \frac{2 \cdot 0{,}71 E_{\beta_0} Д^2}{L \cos \gamma/2}.$$

Отсюда находим интересующее нас значение L:

$$L = \frac{1{,}42 E_{\beta_0} Д^2}{a \cos \gamma/2}. \qquad (5.35)$$

Как указывалось, точные координаты артиллерийских батарей противника, полученные при благоприятных условиях засечки и при исключении из результатов обработки систематической ошибки, характеризуются срединными ошибками:

по дальности $E_Д = 0{,}8\%$ дальности от центра геометрической базы до цели (разрыва);

по направлению $E_\alpha = 0\text{-}03 — 0\text{-}04$.

Таблица 5.6

Необходимая длина геометрической базы для достижения заданной точности получения координат цели (репера, разрыва)

Параметры геометрической базы	γ, °								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
L, м	4145	4182	4227	4281	4345	4419	4505	4602	4714
$L/Д$, %	41,5	41,8	42,3	42,8	43,4	44,2	45,0	46,0	47,1
$Д/L$	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1

При симметричном расположении цели относительно крайних базных пунктов величины $E_Д$ и E_α представляют собой не что иное, как полуоси (a и b) единичного эллипса засечек.

Задавшись дальностью засечки и различными углами γ и зная величину a, можно по формуле (5.35) определить требуемую для достижения заданной точности длину геометрической базы L.

Результаты такого расчета приведены в табл. 5.6 для случая засечки цели по трем ее проявлениям при дальности засечки 10 км, $E_{\beta_0} = 0\text{-}02{,}3$ и $a = E_Д = 0{,}8\%$ $Д = 80$ м.

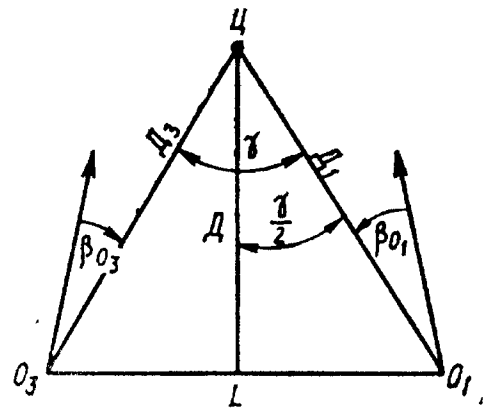


Рис. 5.13. Схема прямой засечки при определении координат цели

Не трудно убедиться, что и для других дальностей засечки значения $L/Д$ в процентах будут оставаться практически теми же. Это позволяет сделать вывод, что длина геометрической базы при ведении разведки автоматизированными звукометрическими комплексами должна составлять 42—47% дальности засечки. Удаление засекаемой цели не должно превышать 2,4 L. При больших удалениях не будут обеспечены заданные величины a и b, следовательно, координаты будут считаться приближенными Величина 2,5 L заложена в алгоритм ЦВМ. В случае если при засечке какой-либо цели дальность засечки превысит значение 2,5 L, при печати результатов вычислений будет выдан признак того, что отпечатанные координаты имеют характеристику «приближенно».

Глава 6

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

6.1. Необходимость автоматизации работ в подразделении звуковой разведки

Конечной задачей артиллерийской разведки, в том числе и звуковой, является обеспечение поражения целей противника, которое зависит не только от эффективности средств поражения, но и от своевременности и точности разведывательных данных об объектах поражения. Реализация требования своевременности получения координат целей в подразделениях звуковой разведки может быть достигнута только путем автоматизации процессов обработки информации. Применение современной вычислительной техники, отказ от графических способов работ позволит повысить точность определяемых координат.

Современные мобильные огневые средства поражения противника способны выполнить огневую задачу за время около пяти минут и сменить позицию. С учетом времени распространения звука выстрела, передачи разведывательных данных от средств разведки до средств поражения, принятия решения на открытие огня, подготовки к стрельбе и полетного времени снаряда требуемое время получения координат цели средствами звуковой разведки не должно превышать 30 с.

В неавтоматизированных комплексах звуковой разведки, использующих ручной способ обработки информации для получения координат одиночной цели, требуется от 5 до 15 мин, при интенсивной стрельбе это время резко возрастает и звуковая разведка становится неэффективной.

Для сокращения времени получения координат целей и повышения их точности в артиллерийской звуковой разведке было признано необходимым автоматизировать следующие процессы:

определение и фиксирование моментов подхода к звукоприемникам «полезных» сигналов — звуков выстрелов (разрывов снарядов);

выбор из числа зафиксированных моментов времени тех, которые относятся к одной и той же цели (группе разрывов);

расчет прямоугольных координат цели (разрывов снарядов) с максимально возможным учетом уточняющих поправок, а также расчет других необходимых данных.

6.2. Выбор схемы обработки информации

В артиллерийской звуковой разведке до автоматизации была заложена схема работы, при которой сигналы от разнесенных на местности звукоприемников поступали по проводным или радиосредствам на центральный пункт подразделения. При такой схеме сбора все работы по обработке информации осуществляются на центральном пункте. Основной причиной невозможности использования такой традиционной схемы сбора информации при решении задач автоматизации является необходимость принимать в автоматическом режиме решение о наличии полезного сигнала. Для решения этой задачи на центральный пункт должна непрерывно поступать информация о звуковой обстановке из района расположения каждого звукоприемника. Реализация этого требования привела бы к существенному усложнению канала связи между звукоприемниками и центральным пунктом, особенно при использовании радиосредств. В этом случае передатчики каждого звукоприемника должны непрерывно излучать сигналы акустического фона, занимая большую частотную полосу в эфире и являясь демаскирующим признаком средства разведки. Поэтому для решения задачи автоматизации в звуковой разведке целесообразно использовать схему, в которой обработка информации разделяется на первичную и вторичную.

Первичная обработка осуществляется в месте расположения группы звукоприемников, по сигналам которых возможно решить задачу определения направления на звучащую цель, т. е. на базных пунктах. Таким образом, задача первичной обработки информации состоит в выделении полезных сигналов и принятии решения о передаче на центральный пункт только полезной информации, т. е. той, которая нужна для дальнейшей обработки. Поэтому первичная обработка является своеобразным информационным фильтром. Такой подход позволяет в сотни раз сократить объем передаваемой информации и, как следствие, резко снизить требования к каналам связи между базным и центральным пунктами.

Вторичная обработка информации при такой схеме осуществляется на центральном пункте, куда поступает информация с базных пунктов. Задачами вторичной обработки являются дешифрирование полезных сигналов, отнесение их к той или другой цели (разрыву) и расчет координат. Для этого центральный пункт должен иметь средства приема результатов первичной обработки с базных пунктов и программно-аппаратные средства вычислений.

Разделение обработки информации на первичную и вторичную потребовало введения системы единого времени для синхронизации всех работ по обработке принимаемых сигналов на базных и центральном пунктах.

6.3. Первичная автоматизированная обработка сигналов

Поскольку местоположение звучащих целей определяется методом разности времени прихода акустического сигнала на разнесенные на местности звукоприемники, определение времени моментов прихода полезного акустического сигнала к тому или другому звукоприемнику является главной задачей первичной обработки.

Обнаружение полезного сигнала всегда происходит на фоне сигналов помех. Полезными сигналами на базных пунктах являются начала сигналов дульных волн и волн разрывов снарядов, приходящих из заданной полосы ведения разведки. Сигналами помех являются акустические сигналы всех остальных ударных волн, возникающих при стрельбе артиллерии, минометов и РСЗО, в том числе дульных волн и волн разрывов снарядов, приходящих с направлений, в которых не ведется разведка. К помехам следует отнести также сигналы внешней акустической обстановки (движущиеся объекты техники, выстрелы стрелкового оружия, подрывы взрывчатых веществ различного назначения), ветровые помехи и инфразвуки естественного происхождения.

Существенным в автоматическом обнаружении полезных сигналов является соотношение полезного и помехового сигналов. Задача обнаружения полезного сигнала усложняется при совпадении по времени подхода сигналов от разных целей.

Пространственная фильтрация. Пространственная фильтрация может быть осуществлена путем анализа сигналов, поступающих от звукоприемников данного базного пункта. Если сигналы приняты вначале звукоприемниками акустической базы, а затем впередистоящим звукоприемником, то это означает, что источник звука расположен за рубежом развертывания базных пунктов, т. е. в направлении, в котором подразделение разведку не ведет.

Известно, что акустические сигналы дульной волны (волны разрыва снаряда) поступают к звукоприемникам акустической (измерительной) базы с разностью времени тем большей, чем больше угол от директрисы на цель (разрыв). Если заранее ограничить величину максимальной разности времени принимаемых сигналов, т. е. задать «временно́е окно», тем самым будет ограничен сектор приема сигналов в полосе разведки. Анализ сигналов с двух микрофонов, составляющих основу акустической базы, с использованием схожести этих сигналов по форме позволяет с высокой достоверностью определить их принадлежность к одному источнику звука. Схожесть сигналов может быть определена визуально при наличии записи сигналов на ленте регистрирующего прибора или автоматически, на основе порогового или пороговокорреляционного способа. Пространственная фильтрация позволяет частично упорядочить поток акустических сигналов, поступающих от многих целей.

Ветрозащита. Ветровая помеха возникает при обтекании микрофона турбулентным потоком воздуха. Сущность ветровой защиты состоит в том, чтобы путем создания звукоприемника определенной конструкции превратить турбулентный поток в ламинарный и одновременно обеспечить хорошую проводимость сигналов звуков выстрелов (разрывов). Такая фильтрация достигается конструкцией ветрозащиты микрофона из двух полусфер, соединенных большим числом втулок, что позволяет обеспечить ослабление ветровой помехи в четыре раза. Ветровой защитой оснащается каждый звукоприемник.

Частотная электрическая фильтрация. Отбор полезных частот может быть достигнут с помощью полосовых фильтров, которые должны осуществлять передачу спектральных составляющих дульных волн и волн разрывов в диапазоне основной мощности сигнала от 0,3 до 60 Гц. Такая фильтрация если не устранит, то уменьшит инфразвуковые помехи естественного происхождения, помехи от баллистических волн, а также помехи ветровые и внешней акустической обстановки.

Автоматическая и ручная регулировка усиления тракта приема. Принимаемые сигналы дульных волн и волн разрывов могут различаться по уровню в 1000 раз, поэтому необходимо введение тракта усиления сигналов и его регулировки. Максимальный уровень усиления тракта приема ограничивается уровнем помех, поэтому управление регулировок осуществляется по сигналу помехи.

Регулировки усиления тракта приема могут выполняться ручным или автоматическим способом. В комплексе АЗК-5 применяется ручная ступенчатая регулировка усиления в диапазоне от 0 до 40 дБ, а в комплексе АЗК-7 — автоматическая регулировка усиления.

Определение наличия акустического сигнала. Указанные меры повышения помехозащищенности подготавливают условия к отнесению принятого сигнала к полезному или к сигналу помехи. Лучшим решением явилось бы автоматическое отнесение принятого сигнала к той или другой категории. Однако в условиях большой изменчивости принимаемых сигналов и разнообразия помех приходится прибегать к полуавтоматической, т. е. автоматизированной, обработке сигналов.

Участие оператора в работе при автоматизированном способе обработки зависит от соотношения уровня полезного сигнала к уровню сигналов-помех.

При соотношении сигнал — помеха более 9 участие оператора в обработке не требуется.

При соотношении сигнал — помеха от 3 до 9 сигнал записывается на ленту регистрирующего прибора совместно с отметками выделения начал принятых сигналов и оператор обязан оценить правильность работы автоматического устройства. В этом случае оператор принимает решение о передаче информации на цент-

ральный пункт или предварительно «подправляет» результаты работы автоматического устройства.

При соотношении сигнал — помеха менее 3 оператор по записям на ленте регистрирующего прибора определяет время начал полезных сигналов и передает результаты ручной обработки на центральный пункт. Для выбора подрежима автоматизированной обработки имеется автоматический обнаружитель с тремя пороговыми уровнями превышения сигнала над помехой, который и задает подрежим работы. Пороговый способ обнаружения полезных сигналов реализован в комплексе АЗК-5. Опыт эксплуатации этого комплекса показывает, что в 50% случаев приема сигналов их обработка осуществляется без участия оператора, в 30% случаев требуется контроль с его стороны и в 20% случаев оператор корректирует результат, полученный автоматическим устройством.

В комплексе АЗК-7 используется более совершенный способ обнаружения — порогово-корреляционный. Сущность этого способа заключается в том, что при сотношении принятого сигнала к сигналу-помехе более 9 осуществляется обычное пороговое обнаружение сигналов, при соотношении сигнал — помеха менее 9 подключается специальное устройство — коррелятор. Он преобразует сигнал, трансформируя его в корреляционную функцию, в итоге определяется поправка во времена начал, определенные пороговым способом.

Основное достоинство корреляционной обработки состоит в том, что принятый сигнал может не иметь четких начал, а временное положение корреляционной функции четко определяет точное время принятия акустического сигнала. Корреляционная обработка позволяет выделять сигналы при соотношении сигнал — помеха меньше 3, и степень автоматической обработки принятых сигналов возрастает до 90%. В этом случае участие оператора в работе автоматических устройств обнаружения полезных сигналов не требуется.

Таким образом, первичная обработка сигналов заканчивается выделением и фиксацией в системе единого времени моментов прихода полезных акустических сигналов к звукоприемникам данного базного пункта.

6.4. Кодовая передача информации с базных пунктов на центральный пункт

На центральный пункт для дальнейшей обработки должны быть переданы результаты первичной обработки принятых полезных сигналов, а не сами сигналы.

Поэтому фиксация времени моментов подхода сигналов к звукоприемникам должна осуществляться в виде, удобном для кодирования, для дальнейшей передачи. На каждом базном пункте имеется счетно-временное устройство, в котором при наличии сигнала обнаружения осуществляется отсчет времени момента прихода сиг-

нала. Полученные значения времени поступают в устройство памяти (регистр) и находятся там до момента передачи на центральный пункт или до их сброса как неверных. Значения времени прихода сигналов к звукоприемникам должны фиксироваться и кодироваться для передачи с точностью до 0,5 мс. Максимальная емкость счетчика должна быть не менее 2 ч 30 мин. Наличие единого счетного устройства и трех регистров на базном пункте обеспечивает регистрацию сигналов в системе единого счета времени, а информации, поступающей с разных базных пунктов, присваивается код в единой временной шкале.

Временная синхронизация счетно-временных устройств всех базных пунктов осуществляется специальным сигналом, подаваемым с центрального пункта. Этим сигналом практически осуществляется начальная установка счетно-временных устройств. Стабильность временных интервалов должна обеспечивать работу без повторной синхронизации в течение 3 ч. Такая система единого времени осуществлена в комплексе АЗК-5. Ее недостатком является необходимость перед началом боевой работы производить установку единого времени, а в процессе работы — сверку единого времени на базных пунктах.

В комплексе АЗК-7 этот недостаток устранен: кодовым сигналам начал прихода акустических сигналов к звукоприемникам единый счетчик времени на центральном пункте присваивает код времени в единой временной шкале.

Для передачи кодовых сигналов времен прихода акустических сигналов к звукоприемникам используется относительно-фазовая манипуляция.

Информация в двоичном коде с регистров счетно-временных устройств базных пунктов передается путем относительного изменения фазы несущей частоты. При скорости передачи 200—250 бит/с передача информации займет 0,5—0,6 с, что увеличивает помехозащищенность передаваемых сведений. На центральном пункте должны быть устройство автоматической подстройки частоты и демодулятор, восстанавливающий двоичную последовательность кода в том виде, в каком находилась информация на базных пунктах до передачи.

6.5. Вторичная автоматизированная обработка сигналов

Вторичная обработка сигналов включает:

дешифрирование и выбор из массивов памяти таких направлений на источник звука, которые относятся к данному выстрелу (разрыву);

расчет координат цели;

вспомогательные расчеты.

Задача дешифрирования возникает в связи с необходимостью определения координат нескольких целей в заданной полосе разведки, одновременно проявляющих себя звуками выстрелов. При

сложной звуковой обстановке на звукоприемники поступают потоки звуковых сигналов, которые, как указывалось ранее, при первичной обработке подвергаются частичному упорядочению, в результате чего в памяти ЭВМ образуется несколько массивов направлений на разные цели с информацией о времени прихода дульной волны.

Поясним принцип отождествления на примере (рис. 6.1).

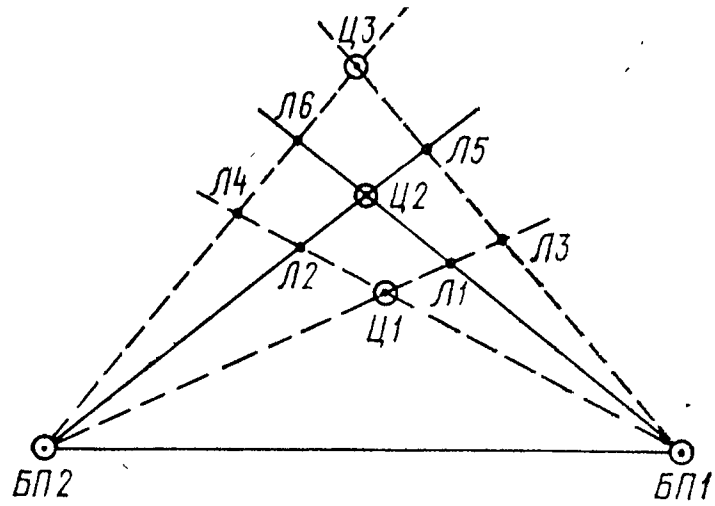


Рис. 6.1. Временно́е дешифрирование положения цели

Пусть точки *БП1* и *БП2* — центры акустических баз, из которых определяется направление на цель. Время прихода дульной волны к этим центрам может быть определено в единой системе времени.

При одновременном проявлении себя выстрелами целей *Ц1*, *Ц2*, *Ц3* будет получена следующая информация:

для правого базного пункта *(БП1)*: дирекционный угол направления на первую цель $\alpha^{пр}_{ц\,1}$ и время прихода дульной волны к центру правой акустической базы $t_{пр\,1}$;

дирекционный угол направления на вторую цель $\alpha^{пр}_{ц\,2}$ и время прихода дульной волны $t_{пр\,2}$;

дирекционный угол направления на третью цель $\alpha^{пр}_{ц\,3}$ и время прихода дульной волны $t_{пр\,3}$.

Для левого базного пункта (*БП2*) соответственно может быть получена информация: $\alpha^{л}_{ц\,1}$, $t_{л\,1}$, $\alpha^{л}_{ц\,2}$, $t_{л\,2}$, $\alpha^{л}_{ц\,3}$ и $t_{л\,3}$.

Если при этом, не учитывая времени прихода дульной волны, попытаться по найденным направлениям определить координаты цели решением задачи прямой засечки, получим девять точек пересечений. Координаты шести целей ($Л_1$, $Л_2$, $Л_3$, $Л_4$, $Л_5$ и $Л_6$) будут ложными. Решение задачи отождествления позволяет отсеять ложные цели.

Для решения указанной задачи используется принцип геометрического временно́го дешифрирования, заключающийся в том, что для реальной цели разность времени прихода дульной волны к центрам правой и левой акустических баз должна быть равна

разности времени распространения сигнала от цели до центров *БП1* и *БП2*.

Алгоритм отождествления состоит из следующих операций:

1. Из массива памяти сигналов *БП1* выбирается направление на цель и время прихода, например $\alpha^{пр}_{ц\,1}$, $t_{пр\,1}$.

2. Из массива памяти сигналов *БП2* выбираются направление на цель и время прихода, например $\alpha^{л}_{ц\,1}$, $t_{л\,1}$.

3. Определяется разность времени прихода сигнала к центрам акустических баз *БП1* и *БП2*:

$$\Delta_1 = t_{пр\,1} - t_{л\,1}.$$

4. Определяется разность времени распространения сигнала от цели, полученной пересечением направлений $\alpha^{пр}_{ц\,1}$ и $\alpha^{л}_{ц\,1}$, до центров *БП1* и *БП2* по формуле

$$\Delta_2 = Д_1/C - Д_2/C,$$

где $Д_1$ и $Д_2$ — расстояния от цели, полученной пересечением направлений $\alpha^{пр}_{ц\,1}$ и $\alpha^{л}_{ц\,1}$ до центров акустических баз *БП1* и *БП2*;

C — скорость звука.

5. Определяется постоянная дешифрирования $t_{деш}$:

$$t_{деш} = |\Delta_2 - \Delta_1|.$$

Если постоянная дешифрирования меньше некоторой константы, то цель истинная, если нет, — ложная.

Константа задается желаемой достоверностью получения координат целей введением соответствующего признака в ДЗУС ЦВМ и составляет 0,8—2,6 с.

При использовании вычислительной техники отождествление направлений путем перебора данных из массивов памяти информации является простой задачей. Однако, как показали теоретические расчеты и практическая работа с комплексом, при ведении разведки в условиях интенсивной стрельбы достоверность такого метода отождествления по одному проявлению цели недостаточна.

Надежное дешифрирование, т. е. сведение рассчитанных направлений по данным базных пунктов на одну и ту же звучащую цель, имеет решающее значение при автоматизации звуковой разведки. Только при выполнении этого требования будет исключено получение координат ложных целей. Действительно, если из центров $О_п$ и $О_л$ двух базных пунктов (рис. 6.2) получено по пять пеленгов на звучащие цели, то без должного дешифрирования будет получено 25 точек пересечения. Значит, возможно получение вместо пяти истинных еще двадцати ложных положений целей.

Для получения достоверной информации о координатах целей необходимо использовать данные по трем и более проявлениям цели.

Дальнейшая задача вторичной обработки состоит в расчете координат цели по исходной топогеодезической и метеорологической информации с использованием результатов отождествления.

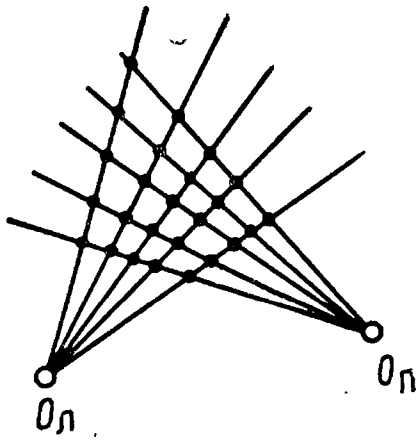


Рис. 6.2. Получение двадцати ложных целей при пяти пеленгах с каждого базного пункта

Рассмотренные задачи вторичной обработки должны решаться автоматически, без участия оператора, а результаты расчетов должны быть представлены в удобной для анализа форме. В последующем участие оператора необходимо для принятия решения о дальнейшем прохождении полученных разведывательных данных по назначению.

6.6. Связь между базными и центральным пунктами

При выбранном способе обработки принятой информации схема внутренней связи в подразделении звуковой разведки должна обеспечивать передачу следующих сигналов:

кодовых сигналов о времени прихода акустической информации к звукоприемникам с базных пунктов на центральный пункт;

сигналов синхронизации и контроля системы единого времени с центрального пункта на базные пункты;

служебных сигналов управления функционированием базных и центрального пунктов.

В звукометрических комплексах должны использоваться как проводные средства связи, так и радиосредства. При использовании радиосредств время нахождения аппаратуры в режиме передачи должно быть минимальным.

Возможно использовать систему вторичного уплотнения, когда по одному каналу связи одновременно передается два вида информации, например технической и служебной. Это достигается путем разделения канала связи на две полосы.

Для удобства эксплуатации желательно иметь в комплексе громкоговорящую связь. При использовании радиосредств в состав громкоговорящей связи следует вводить местное подавление шумов радиоприема, что обеспечивает меньшую утомляемость личного состава и исключает возможные ошибки при проведении синхронизации во время ведения боевой работы на средствах радиосвязи.

Раздел второй

АППАРАТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ АЗК-5 И АЗК-7

Глава 7

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС АЗК-5

7.1. Общие сведения о комплексе

Автоматизированный звукометрический комплекс АЗК-5 по своему техническому решению является измерительно-вычислительным комплексом. Его функционально-структурная схема показана на рис. 7.1.

Принцип работы аппаратуры звукометрического комплекса состоит в следующем. Звуковые колебания от выстрелов орудий или разрывов снарядов принимаются на каждом базном пункте выставляемым впереди акустической базы звукоприемником — автоматическим предупредителем и преобразуются в электрические сигналы, которые осуществляют пуск аппаратуры машины базного пункта. Затем эти же звуковые колебания принимаются звукоприемниками, образующими акустическую базу, преобразуются в пропорциональные электрические сигналы и передаются в аппаратуру первичной обработки.

В результате первичной обработки информации на базном пункте осуществляются:

выделение начал электрических сигналов, соответствующих моментам прихода акустических сигналов к звукоприемникам;

фиксация времен начал электрических сигналов в системе единого времени;

определение достоверности зафиксированных времен прихода сигналов и их начал;

определение типа принятых сигналов, т. е. распознавание по частоте (сигналы дульных волн выстрелов орудий и разрывов снарядов — полезные сигналы, сигналы баллистических волн распознаются как помехи);

принятие решения и передача зафиксированных времен начал сигналов на центральный пункт для вторичной обработки информации; присвоение группе начал электрических сигналов своего порядкового номера.

На центральном пункте осуществляются:

прием результатов первичной обработки с базных пунктов;

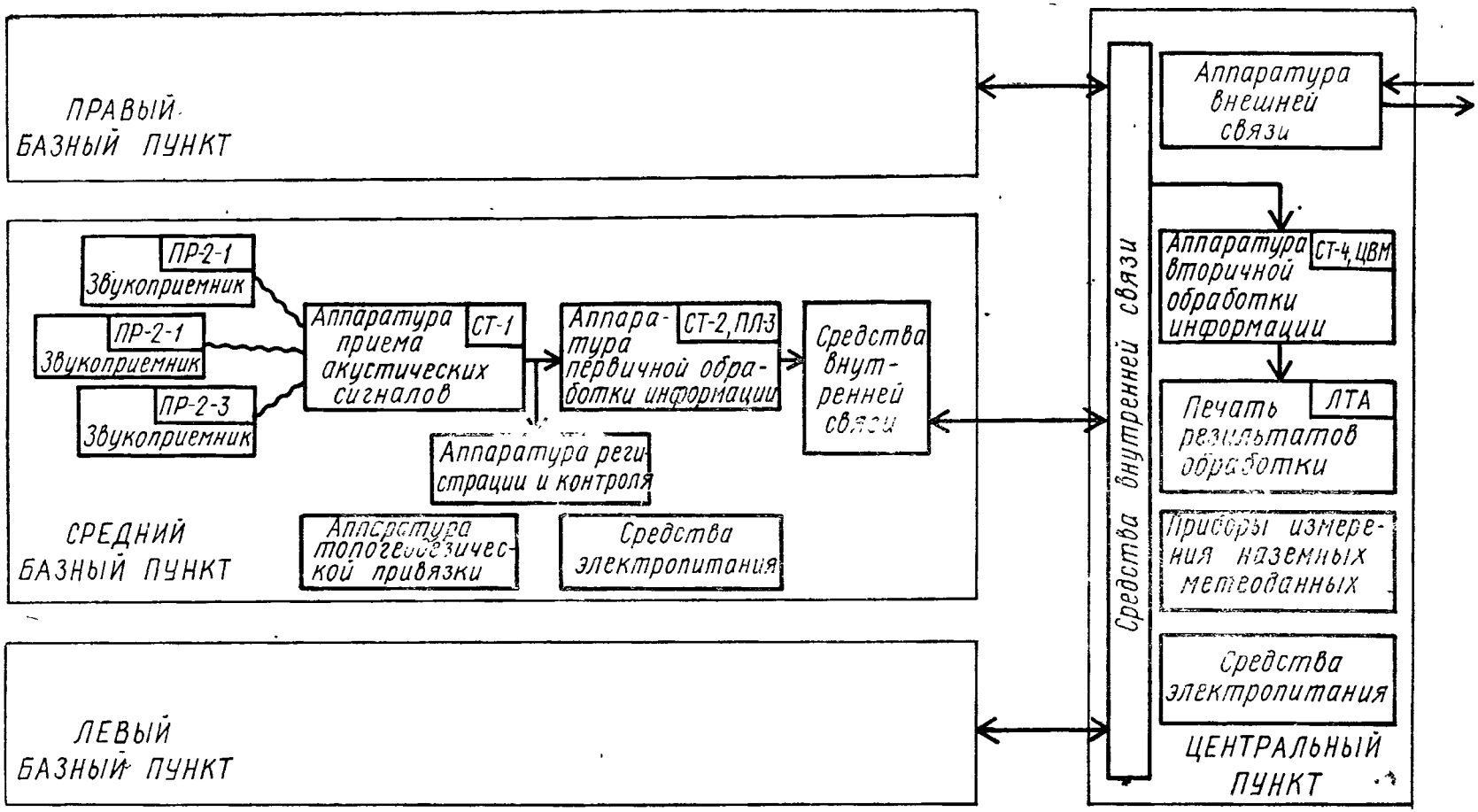


Рис. 7.1. Функционально-структурная схема комплекса АЗК-5

автоматический ввод принятой информации в ЦВМ;

ручной ввод исходных данных о боевом порядке подразделения звуковой разведки, обслуживаемых артиллерийских подразделениях и данных об условиях боевой работы;

расчет и выдача на печать координат целей (реперов, разрывов) при ведении разведки и отклонений разрывов снарядов от цели при обслуживании стрельбы;

передача полученной информации по назначению.

Конструктивно автоматизированный звукометрический комплекс АЗК-5 состоит из пяти автомобилей ЗИЛ-131, имеющих специальные кузова: три автомобиля предназначены для аппаратуры базных пунктов (МБП) и два автомобиля — аппаратная машина (АМЦП) и машина радиосвязи (МРЦП) — для центрального пункта. Кроме того, в составе комплекса может быть автомобиль ГАЗ-66, предназначенный для перевозки личного состава и приборов поста наблюдения и связи.

В машине каждого базного пункта размещена аппаратура приема, первичной обработки принятых акустических сигналов, индикации кодирования и передачи полученной в результате обработки информации на центральный пункт, аппаратура наземной навигации, средства связи и электропитания, а также вспомогательное оборудование.

Аппаратура центрального пункта включает аппаратуру вторичной обработки, аппаратуру проводной связи и радиосвязи, аппаратуру электропитания, аппаратуру метеообеспечения, вспомогательное оборудование, приборы ручной обработки и ЗИП.

7.2. Аппаратура базного пункта

Аппаратура приема звуковых сигналов выстрелов (разрывов)

Аппаратура приема звуковых сигналов включает три звукоприемника ПР-2, стойку приема и передачи технических сигналов СТ-1 и линии связи звукоприемников со стойкой приема.

Звукоприемник ПР-2 (рис. 7.2) предназначен для приема акустических сигналов выстрелов орудий (минометов), разрывов снарядов (мин), преобразования этих сигналов в пропорциональные электрические сигналы и передачи их на стойку СТ-1 машины базного пункта.

Звукоприемник состоит из прибора ПР-4, ветрозащиты и прибора ПР-3. Прибор ПР-4 предназначен для преобразования акустических сигналов в электрические. Ветрозащитное устройство служит для снижения влияния ветровых помех на полезный акустический сигнал. Прибор ПР-3 обеспечивает согласование прибора ПР-4 с линией связи и передачу технических сигналов на аппаратуру МБП. Звукоприемник выполнен в виде полусферы, состоящей из двух частей — внутренней и наружной, механически сое-

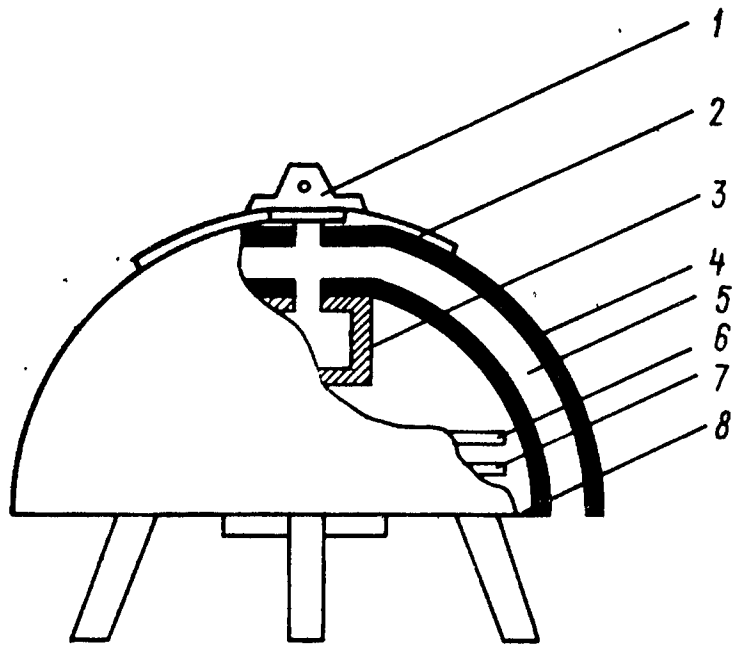


Рис. 7.2. Звукоприемник ПР-2:
1 — пробка; *2* — накладка; *3* — прибор ПР-4; *4* — ветрозащита; *5* — звуковод; *6* — плата 1 прибора ПР-3; *7* — плата 2 прибора ПР-3; *8* — основание

диненных между собой с зазором 10 мм, который непосредственно сообщается с внешней средой и является звуководом. В верхней части внутренней полусферы имеется отверстие, через которое звуковое давление воздействует на микрофон конденсаторного типа, установленный в этой части звукоприемника совместно с предварительным усилителем микрофона. Микрофон с предварительным усилителем образуют прибор ПР-4, который герметично соединен с внутренней полусферой с помощью уплотнительных прокладок, а механическое его соединение осуществляется шестью винтами через наружный фланец. Нижняя часть внутренней полусферы через соединительное уплотнительное устройство соединяется невыпадающими винтами с основанием звукоприемника. Такая конструкция позволяет защитить звукоприемник от попадания воды и пыли внутрь прибора. Внутри на основании прибора размещены две круглые платы с печатным монтажом, на которых расположены элементы схемы прибора ПР-3.

С наружной стороны основания звукоприемника установлены две клеммы для подключения линии связи с МБП, имеется разъем подключения кабеля от имитатора и выведен шлиц потенциометра установки уровня напряжения калибровки, закрываемый резьбовой крышкой. Напряжение питания звукоприемника 40 В. В звукоприемнике предусмотрены два вида ножек для его установки на местности: низкие и высокие. Высокие ножки (откидные) используются при установке прибора в условиях болотистой или низменной местности при наличии воды. Звукоприемник имеет ручку для переноски и чехол, снабженный заплечными ремнями для удобства переноски.

Принцип работы звукоприемника заключается в следующем.

Сигнал акустической волны, принятый микрофоном, преобразуется им в электрический сигнал и после предварительного усиления подводится ко входному усилителю прибора ПР-3 (рис. 7.3), где усиливается до уровня, обеспечивающего нормальную работу модулятора.

Фильтр, включенный между модулятором и входным усилителем, ограничивает частотный диапазон принимаемых сигналов до 150 Гц. С выхода фильтра сигнал поступает на вход модулятора, куда с формирователя импульсов поступает и переменное напряжение частотой 2 кГц, используемое в качестве несущей частоты. Амплитудно-модулированный сигнал с выхода модулятора поступает на вход усилителя передачи, где усиливается до уровня, обеспечивающего помехоустойчивую передачу по линиям связи на аппаратуру МБП, и поступает в нее через полосовой фильтр 1,7—2,3 кГц.

Исходным сигналом для получения несущей частоты 2 кГц является сигнал частотой 1 кГц, поступающий от машины базного пункта на умножитель частоты и формирователь импульсов прибора ПР-3. Размещение генератора несущей частоты в стойке СТ-1, а не в звукоприемнике обусловлено необходимостью полу-

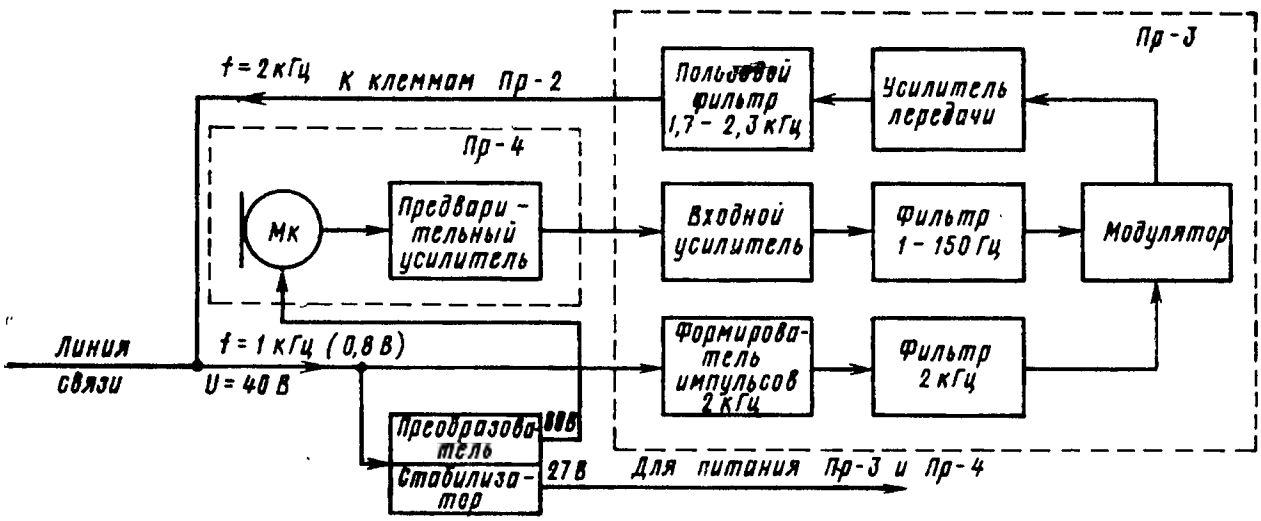


Рис. 7.3. Структурная схема звукоприемника ПР-2

чения стабильного значения частоты 1 кГц. Условия работы этого генератора в машине базного пункта более стабильны.

Таким образом, по проводной линии связи от машины базного пункта к звукоприемнику поступают два напряжения электрического тока: 40 В постоянного стабилизированного напряжения для питания звукоприемника и переменное напряжение частотой 1 кГц, которое после удвоения частоты используется в качестве несущей при амплитудной модуляции ее сигналом микрофона звукоприемника. От звукоприемника к аппаратуре базного пункта по этой же линии связи при приеме акустической волны по-

ступает модулированный сигнал, частота которого находится в пределах 1,85—2,15 кГц.

В последнее время в звукоприемниках вместо микрофонов конденсаторного типа устанавливают пьезоэлектрические микрофоны (рис. 7.4). Они в меньшей мере, чем конденсаторные микрофоны, подвержены воздействию влаги. Кроме того, конструктивное их выполнение таково, что проведения отдельно акустической калибровки звукоприемных каналов не требуется. Звукоприемники, укомплектованные пьезоэлектрическими микрофонами, более помехоустойчивы к сотрясениям. Пьезоэлектрический микрофон состоит из двух симметричных, одинаковых по устройству частей и предварительного усилителя. Каждая часть имеет поршневую мембрану, жестко через втулку связанную с пьезокерамическим элементом, называемым биморфом.

Пьезоэлектрический микрофон звукоприемника работает следующим образом. Акустические колебания звуковой волны воздействуют на поршневые мембраны. Мембраны через жесткие втулки передают механическое воздействие на приемные биморфные элементы, вызывая в них деформации. Возникающее в каждом приемном элементе электрическое напряжение благодаря последовательному соединению суммируется и поступает на предварительный усилитель, а далее — на прибор ПР-3.

Стойка приема и передачи технических сигналов СТ-1 предна-

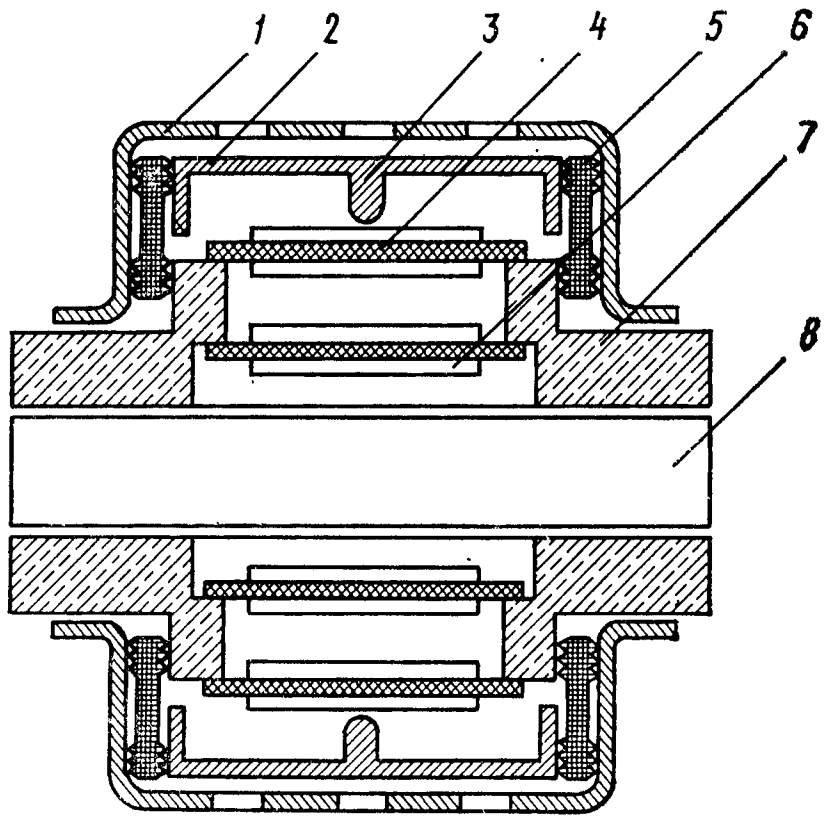


Рис. 7.4. Пьезоэлектрический микрофон:

1 — крышка; *2* — втулка, *3* — поршневая мембрана; *4* — пьезокерамический элемент (биморф); *5* — уплотнительное резиновое кольцо; *6* — калибровочный биморф; *7* — корпус; *8* — место для предварительного усилителя

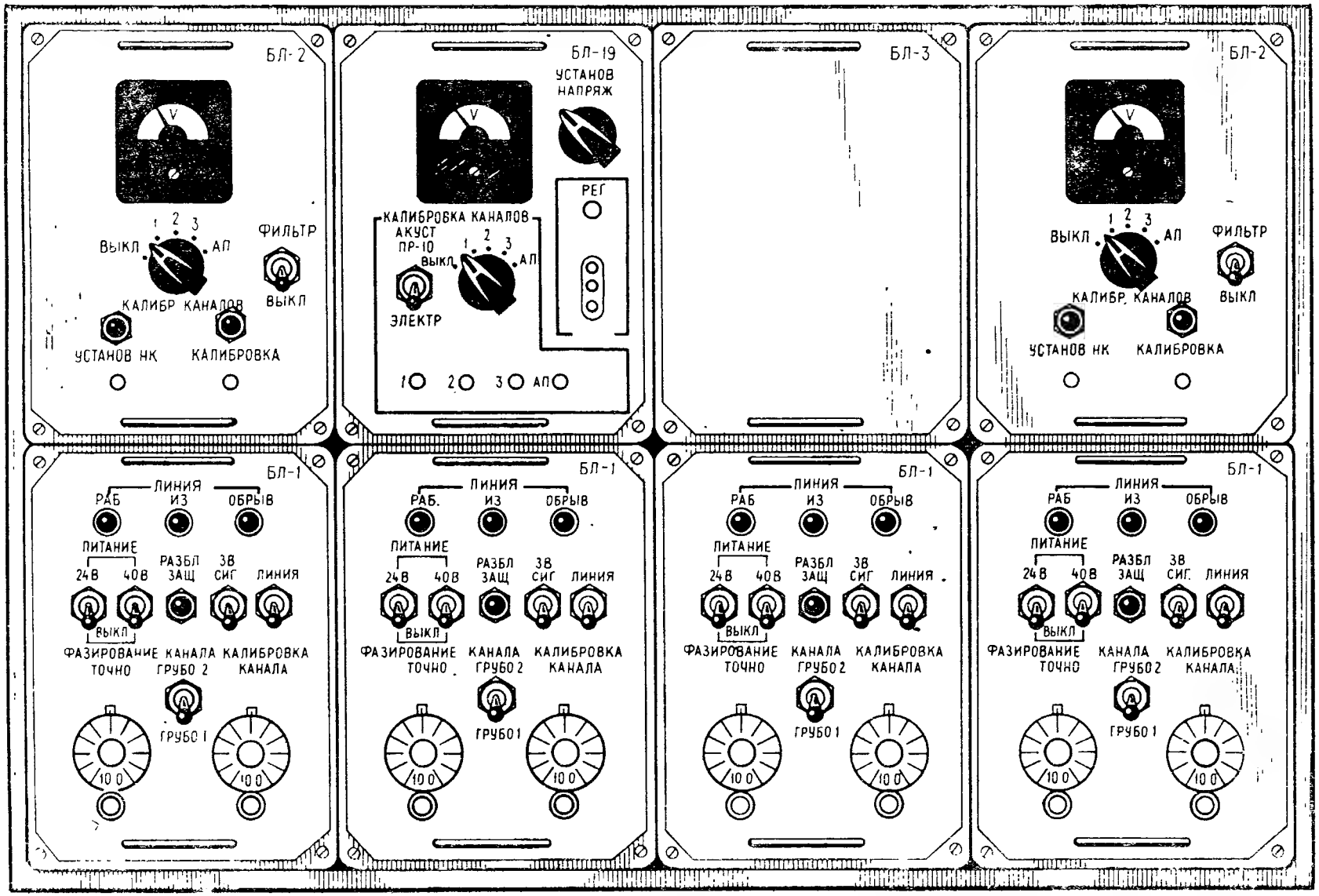


Рис. 7.5. Общий вид стойки СТ-1

значена для работы в составе аппаратуры базного пункта и служит для выполнения следующих задач:

приема электрических амплитудно-модулированных сигналов от звукоприемников;

демодуляции этих сигналов и передачи их на аппаратуру первичной обработки;

обеспечения контроля технического состояния линии связи машины базного пункта со звукоприемниками и защиты входных цепей от перегрузок и наводимых ЭДС;

обеспечения калибровки и контроля электроакустического тракта на частоте 125 Гц;

обеспечения питания звукоприемников необходимыми напряжениями.

Стойка СТ-1 (рис. 7.5) имеет в своем составе восемь блоков. Четыре блока приема сигналов БЛ-1, из которых правый — резервный, три левых блока предназначены для приема амплитудно-модулированных сигналов от звукоприемников, демодуляции этих сигналов, передачи на звукоприемники сигналов частотой 1 кГц, защиты элементов электрической схемы стойки СТ-1 при коротких замыканиях и световой сигнализации об этом или об обрыве линий связи. Два блока генератора частот и контроля БЛ-2 предназначены для генерирования напряжения частотой 1 кГц, формирования напряжения частотой 2 кГц, измерения напряжения калибровки частотой 125 Гц по четырем каналам. Рабочим является левый блок БЛ-2, правый блок — резервный. Один блок передачи относительно фазомодулированных сигналов БЛ-3 функционально не связан с работой стойки СТ-1 и предназначен для усиления и фильтрации сигналов, поступающих от пульта ПЛ-3, с последующей передачей их на пульт ПЛ-1. Один блок калибровки БЛ-19 предназначен для формирования сигнала калибровочной частоты 125 Гц. Каркас стойки СТ-1, как и всех других стоек, двухрамный, с межблочными соединениями и разъемами внешних подключений.

Каждый канал аппаратуры приема обеспечивает прием звуков выстрелов (разрывов) в диапазоне частот от 3 до 150 Гц, изменяющихся по уровню в 100 раз (на 40 дБ) с чувствительностью на частоте 40 Гц в 200 мВ/Па (при давлении в 1 Па на выходе напряжение будет равно 200 мВ).

Линии связи звукоприемников со стойкой приема. Электрические амплитудно-модулированные сигналы от трех звукоприемников поступают по линиям связи на блоки БЛ-1, где происходит их демодуляция и усиление, после чего эти сигналы с выходов стойки СТ-1 передаются на соответствующие каналы стойки СТ-2.

Контроль за состоянием линии связи осуществляется схемой защиты путем слежения за отклонением величины постоянного тока в линии связи от установленного среднего значения 70 мА, соответствующего нормальной работе. Снижение или увеличение тока относительно 70 мА сигнализирует о коротком замыкании

или обрыве линии связи, что отображается световой и звуковой сигнализацией.

В тракте звукоприемник — линия связи — стойка приема предусмотрен совместный электрический контроль путем передачи со стойки приема калиброванного сигнала частотой 125 Гц, который после прохождения всего тракта индицируется на стрелочных приборах стойки приема.

Ручной регулировкой можно осуществить электрическое выравнивание усиления всех трех каналов приема.

Предусмотрена возможность акустической калибровки. Для этого формируется мощный сигнал частотой 125 Гц, который подается на акустическую камеру, устанавливаемую на звукоприемник. Дальнейший процесс калибровки аналогичен электрическому контролю тракта.

Аппаратура первичной обработки

Аппаратура первичной обрабсткн информации включает стойку выделения (обнаружения) начал и распознавания технических сигналов СТ-2, два пульта индикации, кодирования и передачи информации ПЛ-3-1 и ПЛ-3-2, регистрирующий прибор 1Б28.

Стойка выделения (обнаружения) начал и распознавания технических сигналов СТ-2 осуществляет автоматическую обработку сигналов дульных волн и волн разрывов, состоящую в обнаружении начал полезных сигналов, поступивших от звукоприемников акустической базы, осуществляет их передачу в пульт кодирования, ввода и индикации (ПЛ-3-1), а также формирует сигналы для записи на ленте регистрирующего прибора в целях контроля правильности автоматического обнаружения начал сигналов.

На вход стойки обнаружения поступают сигналы от трех звукоприемников. Левый и правый звукоприемники используются для определения направления на звучащую цель. Звукоприемник, вынесенный вперед относительно левого и правого звукоприемников, позволяет обеспечить обработку сигналов из определенного сектора приема и обеспечивает автоматический пуск регистрирующего прибора.

В стойке обнаружения сигналов процесс обработки состоит из двух частей: индивидуальной обработки каждого сигнала звукоприемника и групповой обработки сигналов от всех звукоприемников данного базного пункта. Обработка каждого сигнала звукоприемника состоит в определении амплитудно-временных характеристик. Для этого в каждом сигнале определяются амплитуда первого выброса (начало сигнала), длительность положительных выбросов и средняя частота сигнала. Амплитуда первого выброса сигнала определяется пороговым способом путем установки трех положительных и трех отрицательных порогов, находящихся в соотношении 1 : 3 : 9. Первый порог (измерительный) устанавливается на уровне помехи. Порог на уровне 3 или 9 означает его

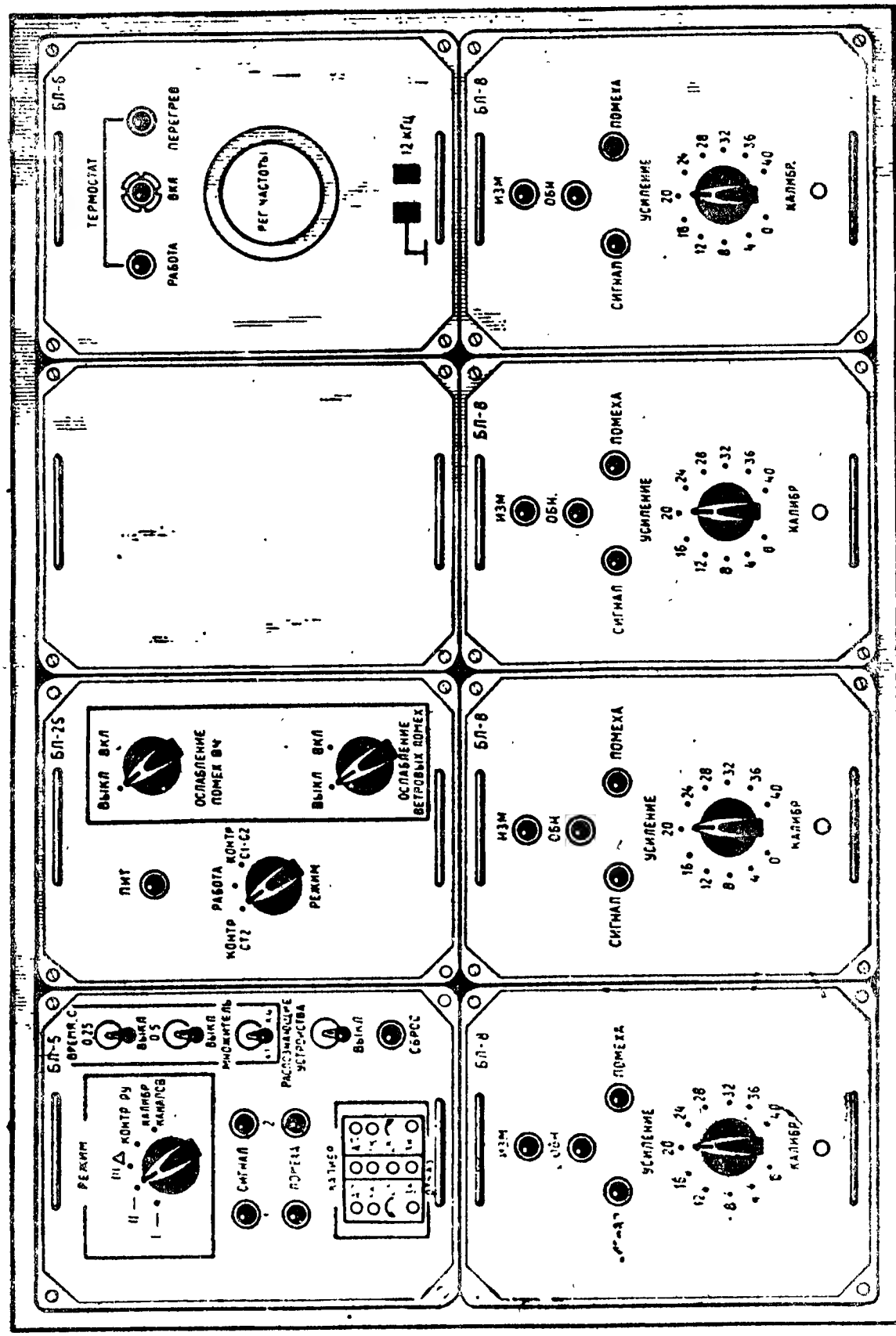


Рис. 7.6. Общий вид стойки СТ-2

увеличение по сравнению с уровнем помех в 3 или 9 раз и является обнаружительным порогом. Длительность положительных выбросов и средняя частота сигнала используются в качестве структурных признаков для разделения дульных волн (волн разрывов) от баллистических волн и других помех.

Полезный сигнал имеет следующие признаки:

средняя частота — от 35 до 55 Гц;

длительность положительных выбросов — от 10 до 20 мс (в зависимости от числа положительных выбросов).

В состав стойки СТ-2 (рис. 7.6) входят семь блоков. Блок фильтров БЛ-25 предназначен для ослабления ветровых и высокочастотных помех. Четыре блока выделения и распознавания БЛ-8 (правый при работе не используется и является резервным) предназначены для выделения начал принятых электрических сигналов выстрелов и разрывов, определения достоверности выделенных начал принятых сигналов, распознавания принятых сигналов по частоте, обеспечения контроля и калибровки стойки СТ-2. Блок контроля БЛ-5 предназначен для определения полезности выделенной группы начал электрических сигналов и их достоверности, управления ускоренным движением ленты регистрирующего прибора и формирования необходимых сигналов для записи на ней, контроля исправности и калибровки стойки СТ-2, формирования сигнала совместного контроля аппаратуры базного и центрального пунктов. Блок генератора частот БЛ-6 служит для генерирования импульсных напряжений эталонных частот 192, 48 и 12 кГц.

Электрические сигналы от трех звукоприемников через стойку СТ-1 по трем каналам поступают в блок БЛ-25 стойки СТ-2 на переключатель РЕЖИМ, изменяющий режим работы стойки. Возможны три режима работы СТ-2: рабочий режим (переключатель РЕЖИМ установлен в положение РАБОТА), режим автономного контроля стойки СТ-2 (переключатель в положении КОНТР. СТ-2), режим совместного контроля аппаратуры базного и центрального пунктов (переключатель РЕЖИМ в положении КОНТР. С1 — С2).

В рабочем режиме электрические сигналы с переключателя РЕЖИМ поступают на фильтры верхних и нижних частот соответствующего канала блока БЛ-25. Включение и выключение фильтров производится одновременно по всем каналам выключателями ОСЛАБЛЕНИЕ ВЕТРОВЫХ ПОМЕХ и ОСЛАБЛЕНИЕ ПОМЕХ ВЧ. Указанные ручки управления выведены на лицевую панель блока БЛ-25. Если обе ручки выключателей ОСЛАБЛЕНИЕ ВЕТРОВЫХ ПОМЕХ и ОСЛАБЛЕНИЕ ПОМЕХ ВЧ установлены в положение ВЫКЛ., происходит обход сигналами обоих фильтров. Следует иметь в виду, что при отсутствии указанных помех целесообразно отключать фильтры, так как любой из них снижает в определенной мере уровень полезного сигнала.

После блока БЛ-25 электрические сигналы по каждому из каналов поступают в три соответствующих блока БЛ-8. В каждом

из блоков БЛ-8 электрический сигнал через усилитель-ограничитель поступает на выделитель начал для фиксации момента прихода акустического сигнала к звукоприемнику соответствующего канала.

В основу выделения начал сигналов положен двухпороговый метод, заключающийся в том, что за начало электрического сигнала принимается момент первого пересечения положительным или отрицательным выбросом электрического сигнала измерительного порогового уровня при условии, что в последующем этим же выбросом будет пересечен и второй пороговый уровень — обнаружительный.

Пороговый элемент, срабатывающий каждый раз при пересечении выбросами электрического сигнала измерительного порога, будем называть измерителем.

Пороговый элемент вместе со схемой памяти, фиксирующий на время обработки сигнала факт достижения сигналом обнаружительного порога, назовем обнаружителем.

Величина измерительного порога устанавливается оператором с помощью переключателя УСИЛЕНИЕ. В качестве индикатора сигналов измерителя служит лампа ИЗМ. Уровень измерителя необходимо выбирать так, чтобы лампа ИЗМ. не горела ярко, а подмигивала вполнакала. В качестве индикатора обнаружителя служит лампа ОБН.

Сигналы измерителя, обнаружителя и признаки, характеризующие качество выделения начал электрических сигналов из выделителя начал, поступают на распознающие устройства и анализатор достоверности.

В результате анализа средней частоты и длительности положительных выбросов электрического сигнала на выходе распознающего устройства формируются сигналы, характеризующие тип анализируемого сигнала: если он представляет собой сигнал дульной волны или разрыва снаряда, то считается полезным сигналом, о чем сигнализирует загорание лампы СИГНАЛ, а если анализируемый сигнал является сигналом баллистической волны, он считается помехой, о чем индицирует лампа ПОМЕХА.

После анализатора достоверности сигналы поступают на выходное устройство блока БЛ-5, причем начала 2-го и 3-го каналов дополнительно проходят непосредственно в пульт ПЛ-3-1, где фиксируется время их прихода, т. е. время прихода акустических сигналов к звукоприемникам.

Порядок работы выходного устройства блока БЛ-5 в рабочем режиме будет определяться положением органов управления на его лицевой панели: выключателей РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА, ВРЕМЯ, С, ручки переключателя РЕЖИМ.

При установке выключателя РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА в положение ВЫКЛ. все анализируемые сигналы характеризуются как полезные.

Положение выключателей ВРЕМЯ, С определяет длительность открытия временно́го окна, которое формируется в блоках БЛ-8

с помощью счетчика времени и определяет сектор приема акустических сигналов. Временно́е окно исчисляется от момента начала выделения сигнала по 2-му каналу при расположении цели справа от директрисы акустической базы или от момента начала выделения сигнала по 3-му каналу при расположении цели слева от директрисы. Начала сигналов, поступающих в выходное устройство после окончания времени длительности временно́го окна, в расчет не принимаются и сигнал не считается пришедшим из заданного сектора приема (помеха). Таким образом, используя выключатели 0,25 и 0,5 в комбинации с переключателем МНОЖИТЕЛЬ и задавая различные значения временно́го окна от 0,25 с до 3 с, можно изменять сектор приема, т. е. осуществлять направленный прием сигналов, что очень важно при выполнении отдельных задач.

Переключатель РЕЖИМ на блоке БЛ-5 при боевой работе устанавливается в положение II, которое является основным при работе базного пункта с использованием всех трех звукоприемников.

Для осуществления автономного контроля стойки СТ-2 переключатель РЕЖИМ на блоке БЛ-25 устанавливают в положение КОНТР. СТ-2. При этом, если переключатель РЕЖИМ на блоке БЛ-5 установлен в положение КАЛИБР. КАНАЛОВ, из устройства контроля блока БЛ-5 на входы всех каналов блока БЛ-25 поступает калибровочный сигнал. При осуществлении калибровки каналов в целях сохранения формы калибровочного сигнала фильтры в блоке БЛ-25 должны быть отключены.

Целью калибровки каналов является выравнивание коэффициентов передачи каналов, которое осуществляется с помощью выведенных под шлиц ручек потенциометров КАЛИБР. на лицевой панели блоков БЛ-8.

При выравненных коэффициентах передачи каналов в идеальном случае должны гореть светодиоды только центрального столбца блока БЛ-5. Допускается наряду с горением светодиодов центрального столбца мигание светодиодов крайних столбцов.

При установке переключателя РЕЖИМ на блоке БЛ-5 в положение КОНТР. РУ после нажатия и отпускания кнопки СБРОС из контрольного устройства этого же блока на входы блоков БЛ-25 поступают контрольные посылки, имитирующие 8 сигналов дульных волн, если включены распознающие устройства выключателем РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА или сигналы 8 баллистических волн (помех), если выключатель РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА находится в положении ВЫКЛ. Индикацией неисправности в этом случае служат светодиоды ОТКАЗ на блоке БЛ-5.

Для осуществления комплексной проверки аппаратуры базного и центрального пунктов переключатель РЕЖИМ на блоке БЛ-25 устанавливается в положение КОНТР. С1 — С2. В этом случае с ЦП через пульт ПЛ-1 и стойку СТ-1 на БЛ-25 поступает сигнал решения контрольной задачи. В блоке БЛ-25 выделяется

контрольный сигнал, после обработки которого информация со стойки СТ-2 поступает в пульт ПЛ-3-1 и далее по каналу связи на центральный пункт для обработки и выдачи соответствующих контрольному сигналу координат.

Пульты ПЛ-3-1 и ПЛ-3-2. После установки оператором режима работы стойки и уровня порога обнаружения аппаратура работает автоматически. Большая изменчивость акустических сигналов не позволяет ограничиться только автоматическим режимом работы, поэтому в состав аппаратуры первичной обработки введено устройство, оценивающее правильность автоматического обнаружения полезных сигналов и дающее возможность оператору при необходимости «подправить» работу автомата.

Пульты (основной ПЛ-3-1 и вспомогательный ПЛ-3-2) индикации, кодирования и передачи информации позволяют обеспечить: измерение временных положений начал полезных сигналов в пределах от 0 до 9999,5 мс с округлением до 0,5 мс при определении значений точного времени (ТВ) и от 0 до 9990 с округлением до 10 с при определении значений грубого времени (ГВ); циклический отсчет числа групп полезных сигналов от 1 до 18; формирование сигнала автоматического управления передающей радиостанцией МБП (переключение из режима «Прием» в режим «Передача»); формирование контрольной серии отображения значений грубого времени (ГВ), номеров группы (№ гр), формирование сигналов пуска и прекращения ускоренной протяжки ленты регистрирующего прибора; возможность контроля функционирования пульта на всех подрежимах его работы с помощью встроенных средств контроля и индикации; возможность синхронизации и сверки единого времени (ЕВ) по сигналу, передаваемому с АМЦП через пульт ПЛ-1.

Питание пульта ПЛ-3 осуществляется напряжением 5 и 105 В постоянного тока стабилизированных напряжений.

Конструктивно пульт ПЛ-3 выполнен в виде прибора (рис. 7.7), на лицевую панель которого выведены органы управления. Предусмотрено три подрежима работы: автоматический (А), автоматический с контролем (АК), ручной подрежим работы на базном пункте с последующей машинной обработкой информации на центральном пункте (Р ЭВМ). Кроме этих трех подрежимов, при аварийном режиме работы комплекса (выходе из строя ЦВМ или всего центрального пункта) возможен четвертый подрежим, когда автоматически обработанная информация на базных пунктах в дальнейшем обрабатывается вручную (Р).

При автоматическом подрежиме работы пульта сигналы, поступающие из выходного устройства блока БЛ-5 в случае признания их достоверными автоматически, без участия оператора кодируются и передаются для последующей обработки на АМЦП через пульт ПЛ-1. Если сигналы признаны недостоверными, пульт ПЛ-3 вырабатывает сигнал на стирание их из запоминающего устройства схемы. Такой подрежим работы применяется при ин-

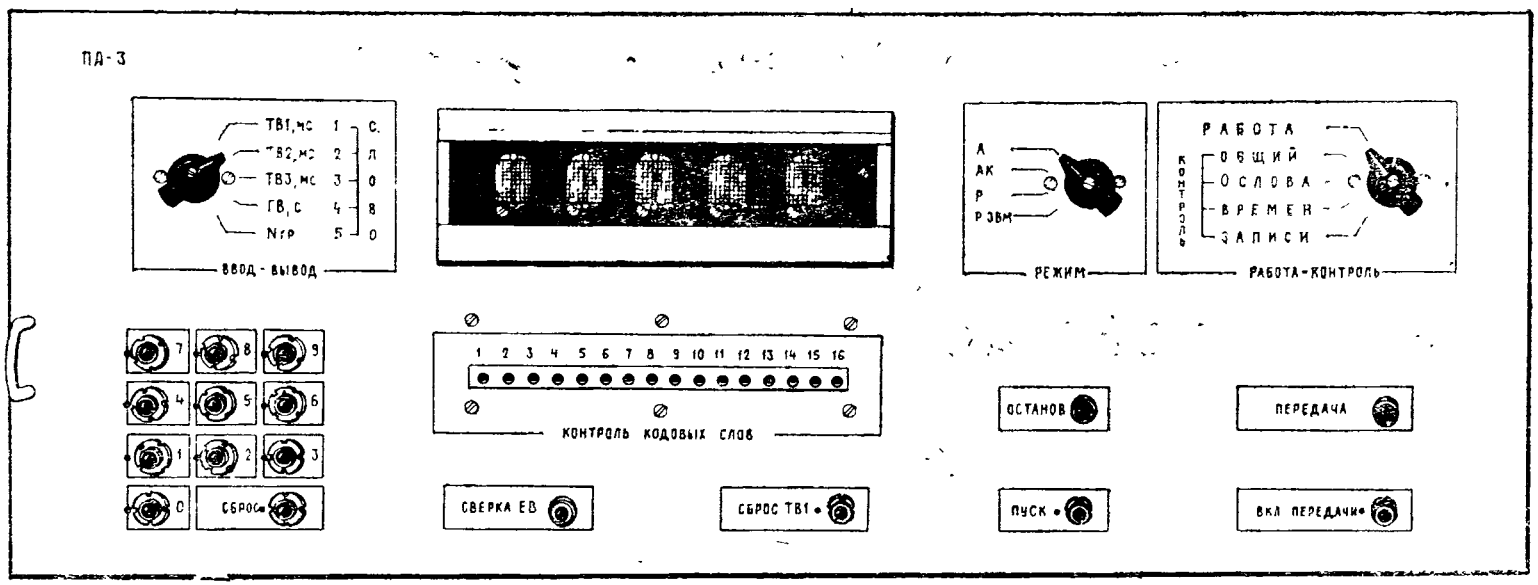


Рис. 7.7. Лицевая панель пульта ПЛ-3

тенсивной стрельбе, когда контроль за правильностью первичной обработки принятых сигналов оператором затруднен.

Автоматический подрежим с контролем (АК) является основным подрежимом работы пульта. В этом подрежиме сигналы, поступившие со стойки СТ-2 и признанные достоверными, передаются для последующей обработки на АМЦП таким же порядком, как и в подрежиме А, без участия оператора. В случае признания сигналов недостоверными информация об их первичной обработке на АМЦП не передается, но из запоминающего устройства не стирается. Зафиксированные времена со своим номером группы сигналов индицируются на цифровом табло пульта. При этом загорается лампа ОСТАНОВ и закрывается вход для вновь поступающих сигналов на стойку СТ-2.

Ручной подрежим работы на МБП с последующей обработкой информации на АМЦП с помощью ЦВМ (Р ЭВМ) применяется тогда, когда сигналы, поступившие со стойки СТ-2, признаны недостоверными, их временно́е положение начал и номер группы не зафиксированы на цифровом табло пульта, а записаны только на ленте регистрирующего прибора или в зафиксированных временах допущены ошибки вследствие неправильного выделения начал электрических сигналов. В этих случаях оператор определяет значения ТВ2, ТВ3, ГВ и №гр принятых электрических сигналов вручную по ленте регистрирующего прибора, после чего с помощью кнопок наборного поля пульта ПЛ-3 и переключателя ВВОД — ВЫВОД вводит их в пульт, а нажатием кнопки ВКЛ. ПЕРЕДАЧИ передает информацию на АМЦП для последующей ее обработки с помощью ЦВМ.

При работе в подрежиме Р ЭВМ канал связи пульта ПЛ-3 со стойкой СТ-2 запирается, что исключает возможность приема новых сигналов с выходного устройства блока БЛ-5. По этой причине для обеспечения непрерывной работы в состав аппаратуры первичной обработки информации введены два пульта ПЛ-3. Первый, основной, ПЛ-3-1 работает в зависимости от условий обстановки в одном из подрежимов А, АК или Р. На втором, вспомогательном, ПЛ-3-2 всегда устанавливается подрежим Р ЭВМ. Именно с него без нарушения связи ПЛ-3-1 со стойкой СТ-2 будет передаваться на аппаратуру АМЦП информация в случае ее ручной первичной обработки.

При работе в подрежиме ручной обработки вторичная обработка информации производится с использованием приборов ручной обработки (прибора управления огнем, счетных логарифмических линеек, таблиц и рабочих бланков). При работе в этом подрежиме сигналы, поступившие со стойки СТ-2 (достоверные или недостоверные), на АМЦП не передаются, а результаты первичной обработки индицируются на табло пульта ПЛ-3-1.

Установка любого из указанных подрежимов осуществляется с помощью переключателя РЕЖИМ.

При работе аппаратуры звукометрического комплекса для определения временно́го положения начал электрических сигна-

лов, поступающих от звукоприемников в момент прихода к ним акустических волн выстрелов орудий (разрывов снарядов), используется относительная система единого времени (ЕВ). Весь диапазон значений ЕВ условно разделен на грубое время (ГВ), отсчитываемое с точностью до 10 с, и точное время (ТВ), отсчитываемое с точностью до 0,5 мс.

Например: ЕВ=1316186,5 мс=1316,1865 с;

ГВ=1310000,0 мс=1310 с;
ТВ= 6186,5 мс= 6,186 с.

На цифровом табло пульта ПЛ-3 в текущий момент времени индицируется только та часть значения ЕВ, в положение которой установлен переключатель ВВОД — ВЫВОД.

Если переключатель ВВОД — ВЫВОД установлен в положение ГВ, на табло пульта ПЛ-3 индицируется значение грубого времени, например 1310 с. При установке его в положение ТВ2 или ТВ3 на табло фиксируются секунды и их доли, например 61865, где 6 — означает шесть секунд, а 1865 — соответственно 0,1865 с.

В данном случае ТВ2 (ТВ3) означает точное время прихода акустического сигнала к звукоприемнику 2-го (3-го) канала. Кроме того, на цифровом табло может индицироваться номер группы сигналов.

Изменение текущих значений ЕВ учитывается счетчиками времени, установленными в аппаратуре МБП и включаемыми в работу по специально передаваемому для этой цели сигналу с АМЦП. Началом отсчета ЕВ служит момент окончания подачи тонального сигнала синхронизации на аппаратуру базных пунктов.

Очевидно, что счетчики времени всех базных пунктов должны работать синхронно.

Переключатель РАБОТА — КОНТРОЛЬ используется при функционировании пульта в рабочем режиме (РАБОТА) или автономных проверках пульта.

Кнопки наборного поля пульта 0 ... 9 и СБРОС используются при вводе значений ТВ2, ТВ3, ГВ и №гр. в подрежиме Р ЭВМ. При каждом нажатии кнопок 0 ... 9 в запоминающее устройство записывается цифра, соответствующая нажатой кнопке со сдвигом на разряд влево ранее введенных значений. При нажатии кнопки СБРОС ранее введенное значение стирается (сбрасывается).

Кнопка ПУСК используется для сброса ранее зафиксированных значений времен и подготовки схемы фиксирования времен очередного поступления информации. При этом цифровое табло пульта обнуляется.

Кнопка ВКЛ. ПЕРЕДАЧИ используется при работе пульта в подрежимах Р ЭВМ и АК. При ее нажатии формируются цикл передачи значений ТВ2, ТВ3, ГВ и №гр. и сигнал управления радиостанцией, а также загорается лампа ПЕРЕДАЧА, сигнализирующая о работе схемы передачи информации.

Лампа ОСТАНОВ индицирует занятость счетчиков пульта зафиксированными временами и прекращением приема сигналов из СТ-2.

Лампа СВЕРКА ЕВ индицирует, что цифровое табло пульта зафиксировало результаты сверки единого времени. Лампа гасится нажатием кнопки ПУСК после установки переключателя РЕЖИМ РАБОТЫ на панели пульта ПЛ-1 в положение СВЯЗЬ.

Табло КОНТРОЛЬ КОДОВЫХ СЛОВ состоит из 16 светодиодов и предназначено для проверки пульта после его ремонта.

Регистрирующий прибор (рис. 7.8) является быстродействующим самопишущим прибором, предназначенным для регистрации на теплочувствительной бумажной ленте, принимаемых аппаратурой базного пункта сигналов и для контроля за их обработкой.

Регистрирующий прибор (РП) состоит из четырех измерительных каналов, двух отметчиков, лентопротяжного механизма и устройства контроля за качеством ленты на катушке.

Измерительный канал состоит из усилителя, измерительного механизма и пишущего устройства. Усилитель предназначен для усиления поступающих электрических сигналов. Измерительный механизм служит для преобразования усиленного электрического

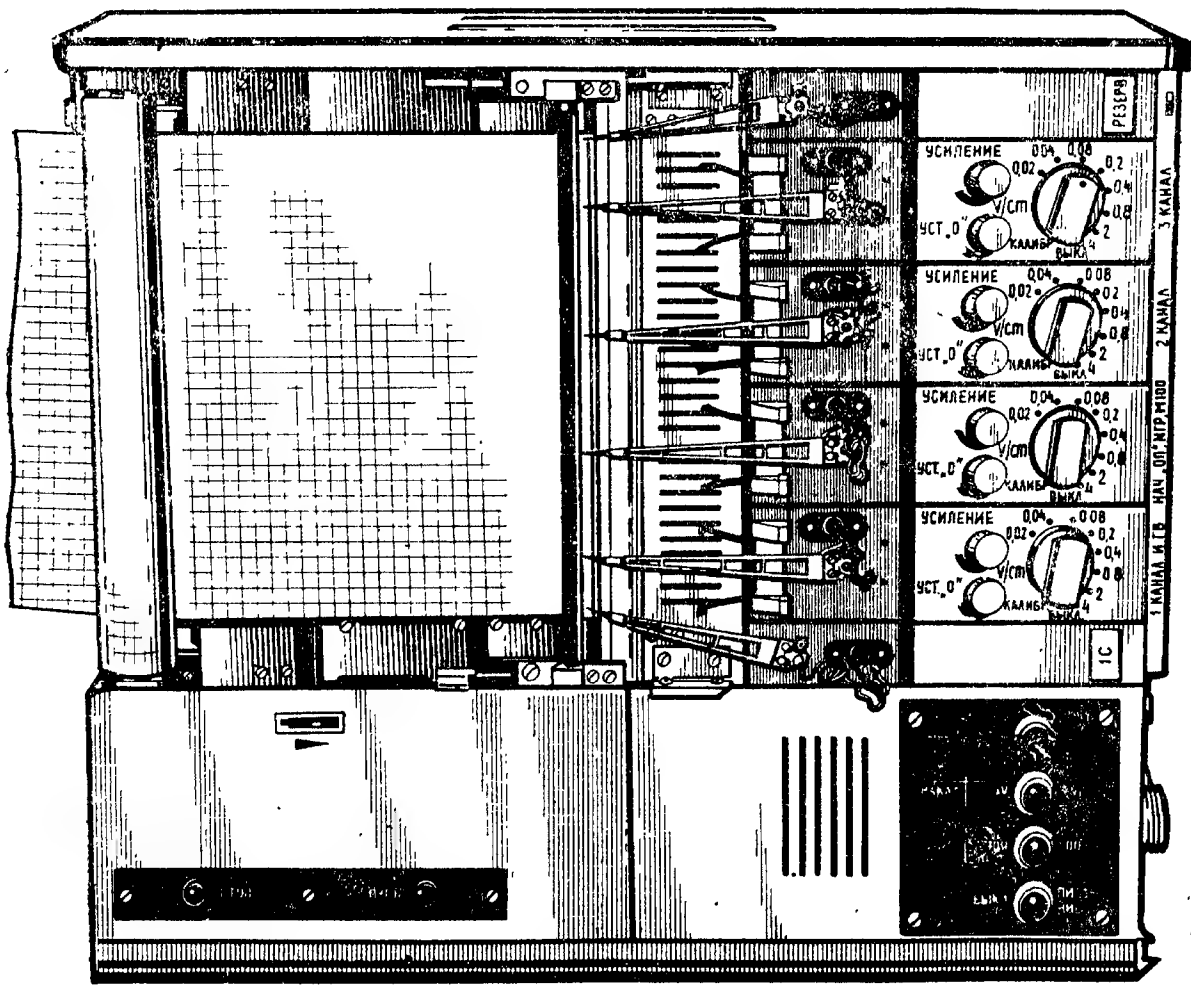


Рис. 7.8. Регистрирующий прибор

сигнала в механическое движение ротора, на валу которого закреплено пишущее устройство (перо). Пишущее устройство выполнено съемным, на конце имеет нагреватель, накал которого осуществляется переменным напряжением 3, 4 или 6 В.

Нагретый конец пишущего устройства перемещается по изгибу движущейся через острое ребро теплочувствительной бумаги и чертит на ней линию, отображающую форму принятого сигнала.

Наличие острого ребра, через которое протягивается лента РП, приводит к тому, что все нагреватели пишущих устройств соприкасаются с бумагой на одной прямой, перпендикулярной к продольной оси движения бумаги и, таким образом, исключается необходимость определения поправки на параллакс перьев.

Отметчики расположены по краям бумажной ленты, верхний из них является резервным. Отметчик предназначен для записи на бумажную ленту временных интервалов продолжительностью 1 и 10 с.

Лентопротяжный механизм служит для протягивания бумажной ленты. Он приводится в движение синхронным электродвигателем через специальный редуктор.

Блоки питания БПРП-220 и БПРП-24, входящие в комплект регистрирующего прибора, обеспечивают питание регистрирующего прибора от сети переменного тока напряжением 220 В или от аккумуляторных батарей напряжением 24 В соответственно.

Переключение питания регистрирующего прибора с одного блока на другой осуществляется вручную путем перестановки разъема кабеля питания.

Включение и выключение ускоренной протяжки ленты РП осуществляется нажатием кнопок ПУСК и СТОП, расположенных на его лицевой панели.

При работе с автоматическим предупредителем управление лентопротяжным механизмом РП и формирование необходимых сигналов для записи на его ленту производится блоком БЛ-5 стойки СТ-2. Запуск РП осуществляется в момент достижения акустической волной звукоприемника-предупредителя. Выключение прибора происходит автоматически в зависимости от положения переключателя МНОЖИТЕЛЬ на блоке БЛ-5 стойки СТ-2: через 2 с при установке переключателя МНОЖИТЕЛЬ в положение $\times 1$ или через 8 с при его установке в положение $\times 4$. Остановка движения ленты РП произойдет только после записи на ней меток грубого времени (ГВ), без которых провести обработку ленты невозможно.

При работе аппаратуры МБП в режиме «Ждущий» РП включается с поста наблюдения и связи (при нажатии и отпускании выносной кнопки). Выключение РП в этом случае осуществляется автоматически через 32 с после его включения. Поступающие в регистрирующий прибор сигналы записываются на теплочувствительной ленте (рис. 7.9).

На первой снизу дорожке отметчиком записываются односекундные и десятисекундные метки. Односекундные метки имеют

продолжительность 50 мс, десятисекундные — 300 мс. Началом их является левый срез меток.

На второй дорожке производится запись сигнала от звукоприемника-предупредителя и запись меток ГВ. Метки ГВ (рис. 7.10)

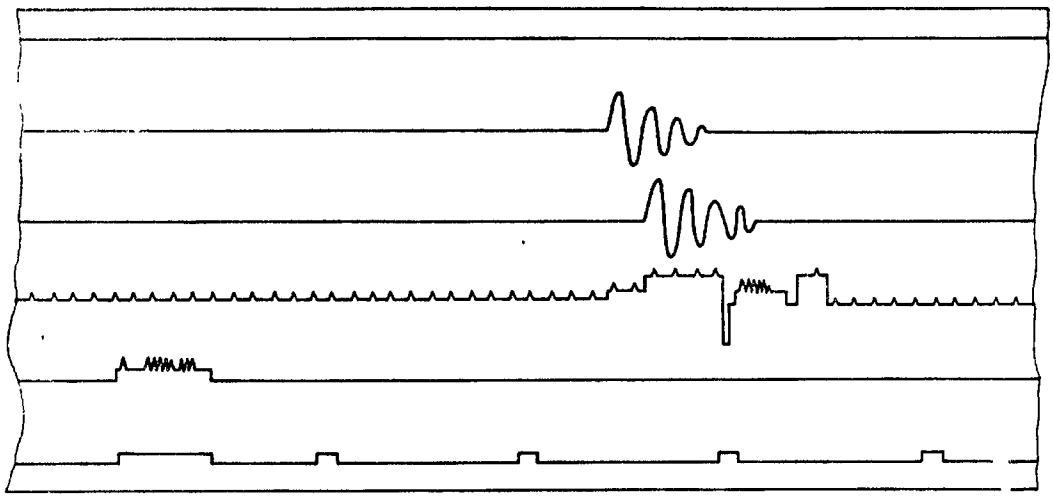


Рис. 7.9. Пример записей на ленте регистрирующего прибора

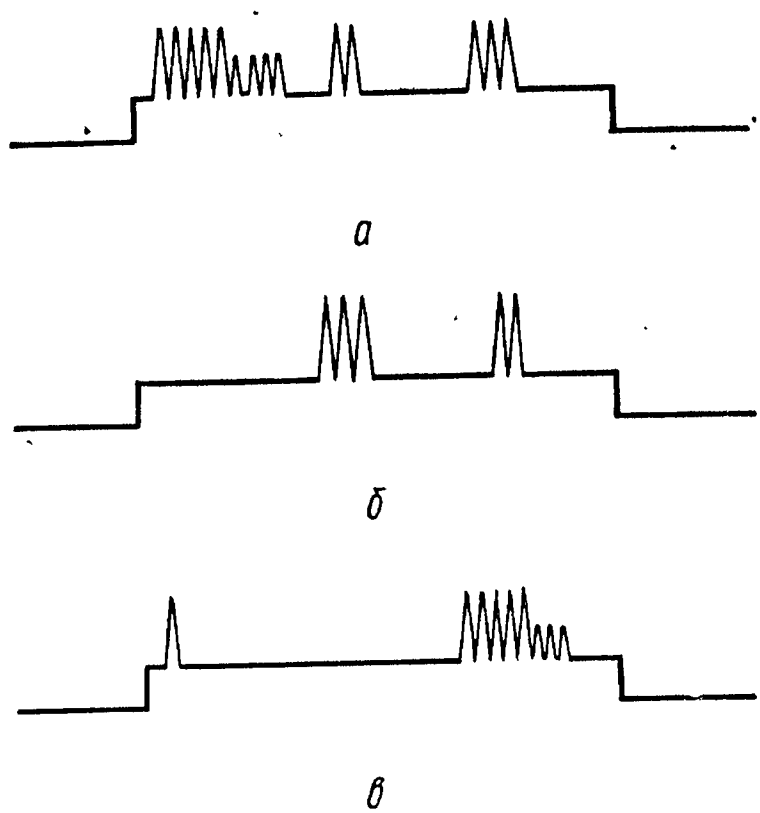


Рис. 7.10. Примеры записи на ленте значений грубого времени:
а — ГВ = 9230; *б* — ГВ = 320; *в* — ГВ = 1080

записываются на более высоком уровне, чем основной уровень канала, в виде трех групп меток, содержащих от 1 до 9 элементарных меток в каждой. Для удобства подсчета меток в группе используется после записи пятой метки амплитуда вдвое меньше предыдущей. В случае отсутствия значащего количества меток

в группе пропущенная позиция указывает на нулевой разряд данного числа. Метки ГВ на ленте РП записываются строго над десятисекундной меткой первой дорожки.

На третьей дорожке (см. рис. 7.9) записываются 100-мс метки; регистрируются моменты выделения начал 2 и 3 каналов путем поднятия регистрируемого уровня каналов на более высокий уровень; отметка опознания полезности принятых сигналов в виде петли, направленной вниз; номер группы принятых сигналов при работе в подрежимах А, АК и Р пульта ПЛ-3-1 от 1 до 18, причем при присвоении номера группы 10 и более запись осуществляется на своеобразном «пьедестале» (некотором повышении уровня записи канала), характеризующем цифру 10, в этом случае номером группы сигналов будет сумма элементарных меток над «пьедесталом» и собственно «пьедестала», т. е. 10; сигнал о передаче (не передаче) информации на АМЦП для последующей обработки (в случае понижения уровня канала после записи номера группы сигналов до предыдущего уровня сигнал считается переданным автоматически, если же уровень канала остался высоким, значит, сигнал автоматически не передан).

На четвертой дорожке записываются сигналы, пришедшие по 2-му каналу (от 2-го звукоприемника).

На пятой дорожке записываются сигналы, пришедшие по 3-му каналу (от 3-го звукоприемника)

На шестой дорожке — запись резервного пера.

7.3. Аппаратура центрального пункта

Аппаратура вторичной обработки

Аппаратура вторичной обработки информации включает стойку приема и согласования СТ-4, цифровую вычислительную машину 1В57, дополнительный пульт управления ПЛ-8 и стартстопный телеграфный аппарат СТА-М67Б.

Стойка приема и согласования технических сигналов СТ-4 (рис. 7.11) предназначена для приема фазомодулированных сигналов от трех базных пунктов, их демодуляции, преобразования полученных двоичных последовательных кодов и ввода информации в ЦВМ, для вывода результатов расчета из ЦВМ и регистрации информации на ленте телеграфного аппарата СТА-М67Б, для ввода информации в ЦВМ с телеграфного аппарата.

Стойка СТ-4 имеет в своем составе 8 блоков, размещенных в два одинаковых ряда и состоящих каждый из блоков БЛ-6, БЛ-9, БЛ-10 и БЛ-11. Один комплект перечисленных блоков является рабочим (нижний ряд), другой — резервным (верхний ряд).

Блок генератора частот БЛ-6 такой же, как в стойке СТ-2. Блок полосовых фильтров БЛ-9 предназначен для выделения фазомодулированных сигналов. Блок приема фазомодулированных сигналов БЛ-10 предназначен для демодулирования принятых сигналов, выделения исходной двоичной последовательности, в которой

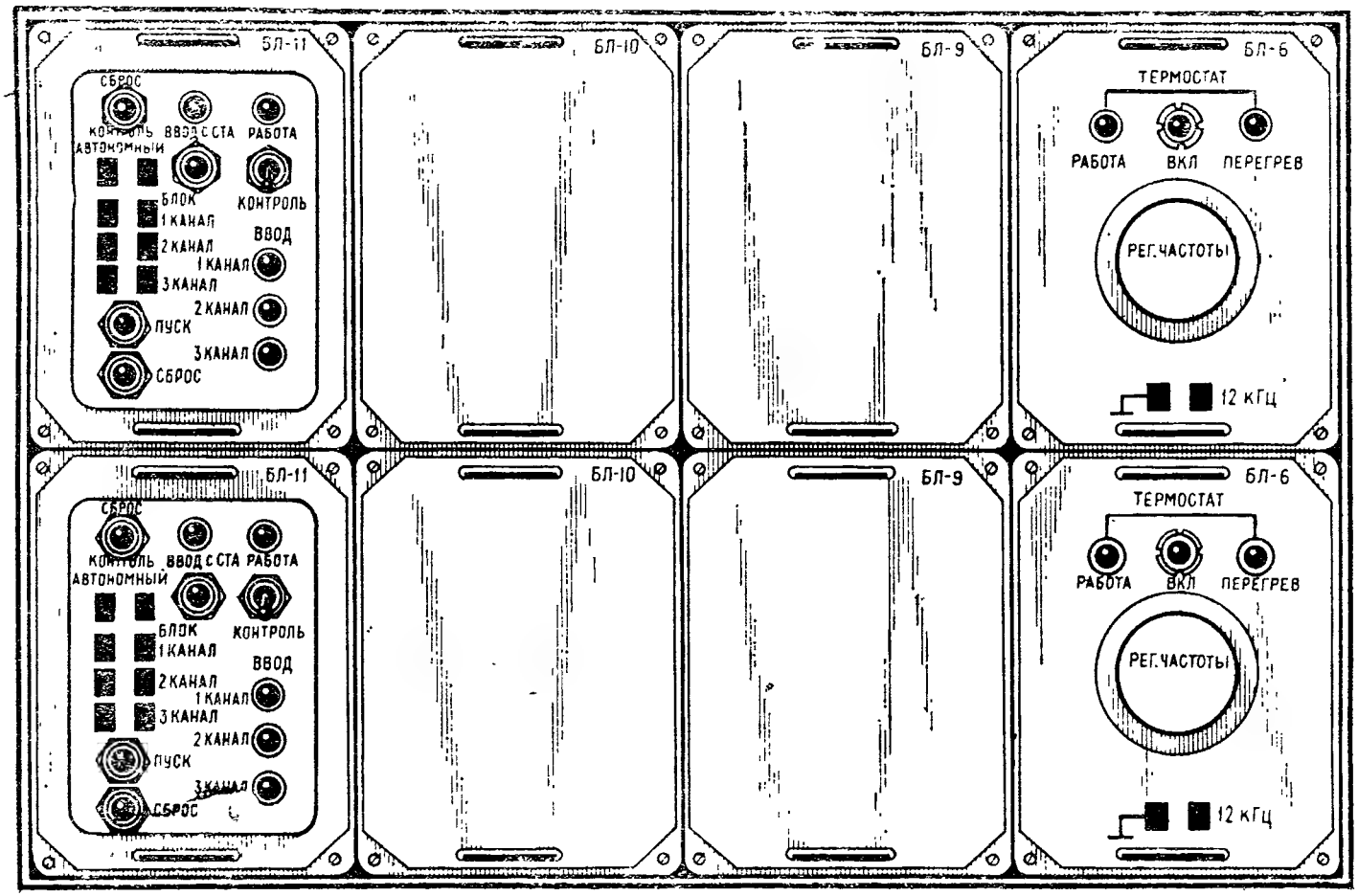


Рис. 7.11. Общий вид стойки СГ-4

закодированы времена поступления сигналов к звукоприемникам базных пунктов. Блок ввода-вывода информации БЛ-11 служит для ввода информации, поступающей от трех базных пунктов, в ЦВМ и обеспечения обмена информацией с ней с помощью телеграфного аппарата.

По выполняемым функциям стойку СТ-4 можно разделить на следующие основные части:

устройство приема фазомодулированных сигналов, включающее блоки БЛ-9 и БЛ-10;

устройство ввода-вывода информации — блок БЛ-11;

генераторное оборудование — блок БЛ-6.

Принцип действия стойки СТ-4 заключается в следующем. Технические сигналы и сигналы речевой связи, передаваемых с трех базных пунктов по средствам связи, поступают на пульт ПЛ-2, где речевые сигналы отделяются от технических с помощью фильтра, а технические сигналы поступают на полосовые фильтры своих каналов в блоке БЛ-9, где происходит их выделение. Выделенные сигналы поступают в блок БЛ-10 на усилитель-ограничитель, фазовый детектор и далее на дешифратор. В блоке БЛ-10 происходит демодулирование фазомодулированных сигналов и выделение исходной информации в двоичной последовательности, в которой были на базных пунктах закодированы времена поступления сигналов к звукоприемникам. Эти двоичные последовательные коды с блока БЛ-10 по трем каналам поступают на коммутатор входных сигналов блока БЛ-11, куда с блока БЛ-10 поступают также импульсы, определяющие начала кодовых информационных посылок. В схеме анализа информации, поступающей с блока БЛ-10, после приема кодовой комбинации производится определение границ информационных слов в двоичном последовательном коде. С приемом в регистр для ввода в ЦВМ информационных слов вырабатывается сигнал (авторазрыв), по которому ЦВМ прекращает выполнять вычисления, принимает информацию с регистра ввода и возвращается к продолжению прерванных вычислений.

Информация из ЦВМ выводится по сигналам управления, поступающим из ЦВМ, по которым осуществляется запись пятиразрядного двоичного кода одного знака телеграфного аппарата в регистр вывода. Одновременно с этой записью производится пуск телеграфного аппарата и вырабатываются импульсы стартовой и стоповой посылок телеграфного аппарата. Информация с регистра вывода в виде кодовых посылок поступает на плату согласователя с телеграфным аппаратом, который преобразует сигналы с регистра в токовые посылки кодового электромагнита. Для синхронизации работы устройств в составе стойки СТ-4 служит блок генератора частот БЛ-6.

Цифровая вычислительная машина 1В57 предназначена для решения задач вторичной обработки информации и вспомогательных задач.

Основной расчетной задачей является определение прямоугольных координат источника звуковых волн. Предусмотрены опреде-

ление направлений (пеленгов) на цель (репер, разрыв) из центров акустических баз по основной звукометрической формуле (6.2) и решение тригонометрической задачи по определению координат вершины треугольника по известному основанию (геометрическая база) и известным направлениям сторон этого треугольника (направления из центров акустических баз). Этому простому расчету координат предшествует более сложный процесс — геометрическое дешифрирование — подбор из неупорядоченного большого массива рассчитанных дирекционных углов направлений с базных пунктов на источник звука, таких, которые однозначно относятся к одной цели.

Второй по значимости выполняемой подразделением задачей является расчет отклонений разрыва (группы разрывов) снарядов от пристреливаемой цели. Вначале решается основная задача — определяются прямоугольные координаты разрыва (группы разрывов), а потом вычисляются отклонения по дальности и углу относительно огневой позиции одной из трех обслуживаемых батарей, координаты которых заранее введены в ЦВМ.

Важно отметить, что программно-аппаратные средства позволяют одновременно решать основную и вторую задачи. Этим выполняется требование не прекращать ведение разведки во время обслуживания стрельбы.

Следующая группа задач связана с определением и учетом поправок на систематическую ошибку в работе подразделения звуковой разведки, с пересчетом с ее учетом координат целей, ранее разведанных, а также с восстановлением в памяти ЦВМ значений этих поправок в случаях «сбоев».

Предусмотрено решение и вспомогательных задач:

выявление грубых ошибок, допущенных при топогеодезической привязке и разбивке базных пунктов;

расчет времени прихода звуковой волны к каждому базному пункту по заданным координатам цели (обратная звукометрическая задача);

осреднение полученных координат целей (разрывов);

выделение приближенных координат;

контроль работоспособности аппаратуры (решение ряда тестов и контрольных задач);

печать содержания долговременного запоминающего устройства для сменной информации (ДЗУС).

В состав ЦВМ входят следующие блоки:

блок арифметический и управления А-У, предназначенный для управления машиной, выполнения арифметических и логических действий над числами и адресами команд и чисел;

два блока долговременного запоминающего устройства ДЗУ, предназначенные для хранения постоянной информации в виде программ, алгоритма решения задач, математических констант и выдачи их в другие блоки ЦВМ;

блок долговременного запоминающего устройства со сменной информацией ДЗУС, служащий для электрической записи, дли-

тельного хранения и выдачи постоянной информации в блок А-У;

блок оперативного запоминающего устройства ОЗУ, предназначенный для записи, хранения и выдачи оперативной информации в другие устройства ЦВМ в процессе ее работы;

блок обмена БО, предназначенный для сопряжения ЦВМ с внешними устройствами и выдачи информации на ее световое табло;

пульт управления ЦВМ, служащий для ручного управления и контроля работы ЦВМ в различных режимах.

Ввод данных в ЦВМ осуществляется в десятичной системе счисления:

в ДЗУС — с пульта управления машины;

в ОЗУ — с клавиатуры телеграфного аппарата, а информации с базных пунктов — автоматически, через блок БЛ-11.

Вывод данных из ЦВМ производится в десятичной системе счисления — на печать телеграфного аппарата или на табло ЦВМ.

Основные данные ЦВМ 1В57:

быстродействие — 50—60 тыс. простых операций в секунду;

объем запоминающих устройств:

ОЗУ — 1024 числа;

ДЗУ — 2 по 4096 числа;

ДЗУС — 64 числа;

разрядность — 24 двоичных разряда;

контроль ЦВМ — программный перед решением каждой задачи, а также тестовый при проверке аппаратуры;

время непрерывной работы машины — 48 ч;

потребляемая мощность ЦВМ — до 200 Вт;

элементная база — микросхемы.

Упрощенная блок-схема алгоритма приведена на рис. 7.12. Она состоит из трех частей:

программ ввода и подготовительных расчетов;

программ вычисления координат целей (реперов, разрывов);

программ оперативной работы и вспомогательных расчетов.

Программы ввода и подготовительных расчетов предусматривают ввод в ДЗУС данных о значении скорости звука (соответствующей наземной виртуальной температуре воздуха), о количестве принимающих участие в боевой работе базных пунктов, о результатах топогеодезической привязки и метеорологических данных.

Перед обслуживанием стрельбы артиллерии предусмотрен ввод координат точки накола звукового репера, огневых позиций обслуживаемых батарей и пристреливаемой цели.

Все операции по обмену между ЦВМ и аппаратурой комплекса осуществляются по специальным сигналам, на время которых ЦВМ прекращает вычисления, а по прекращении этих сигналов, называемых сигналами авторазрывов ЦВМ, возвращается к прерванному расчету. Сигналы авторазрыва формируются в блоке БЛ-11 стойки СТ-4. По сигналам авторазрыва АР1 осуществляется ввод информации, поступившей с базных пунктов, по сигналам

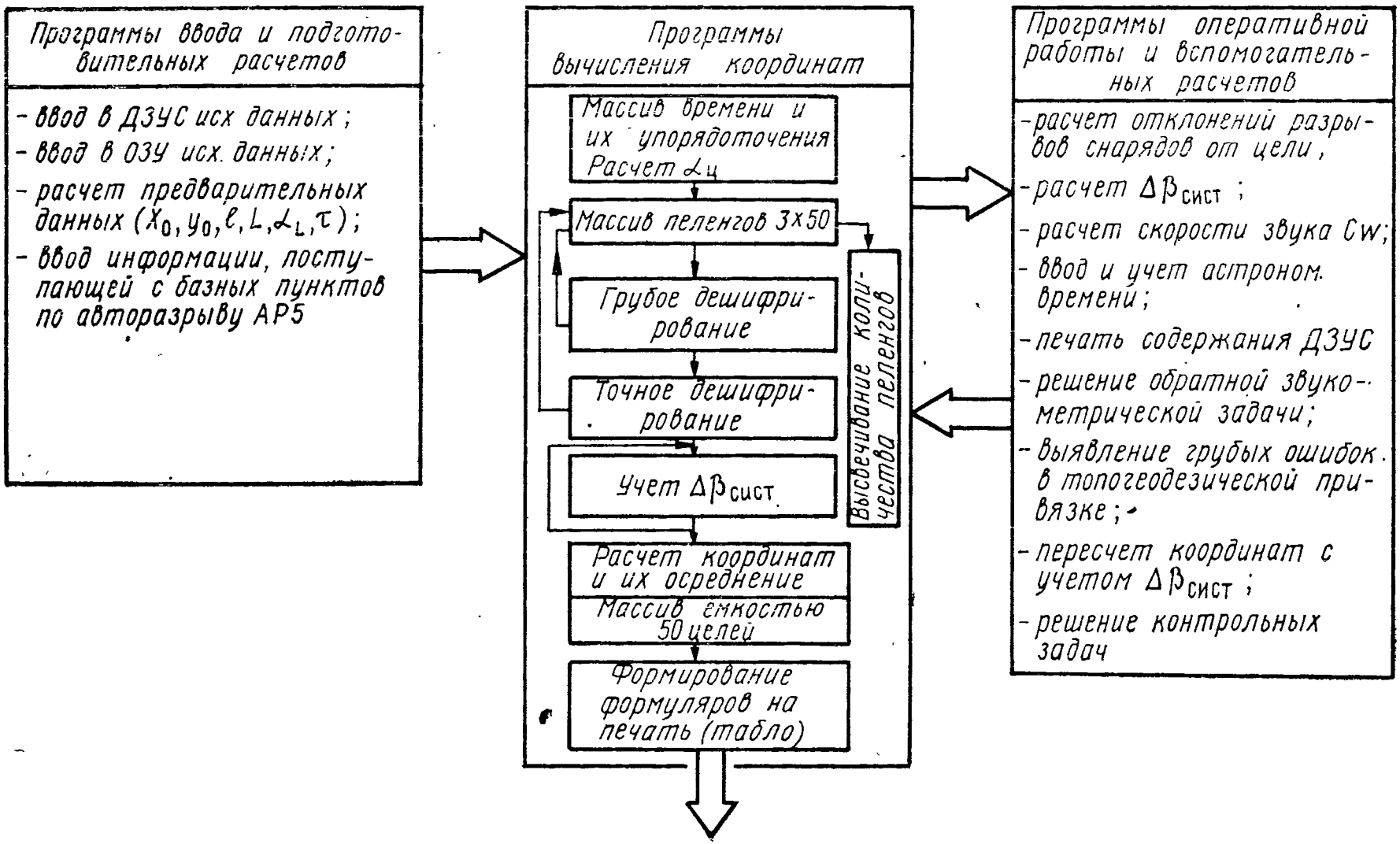


Рис. 7.12. Упрощенная блок-схема алгоритма

авторазрыва АР2, АР3 и АР4 — ввод данных в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) с клавиатуры телеграфного аппарата, по сигналам авторазрыва АР5 — управление с пульта ПЛ-8.

По введенной в ДЗУС информации о боевом порядке подразделения звуковой разведки осуществляется расчет следующих величин, используемых в дальнейшем в основной части алгоритма:

координат центра акустических баз (при несимметричных плечах и тогда, когда точка разбивки не лежит на акустической базе);

длины акустических баз;

дирекционных углов направлений директрисы с акустических баз;

длины геометрической базы;

дирекционного угла направления геометрической базы;

максимально возможного значения разности времен на каждой акустической базе.

Программа вычисления координат целей (реперов, разрывов) предусматривает вначале формирование массива времен, поступающих с базных пунктов. В этом массиве осуществляется упорядочение поступившей информации. Упорядочение необходимо в связи с тем, что информация с разных базных пунктов поступает на центральный пункт в произвольные моменты времени. Информация одного базного пункта может быть «перемешана» с информацией другого базного пункта. После упорядочения, группирования информации по признаку принадлежности ее к тому или другому базному пункту осуществляется расчет для каждой акустической базы разности времен τ — времени подхода звуковой волны к центру акустической базы в системе единого времени (ЕВ) и дирекционного угла направления на цель $\alpha_{ц}$. В результате из массива времен образуется три (два) — по числу базных пунктов — массива дирекционных углов направлений на цель (репер, разрыв) с присвоением каждому направлению соответствующего значения единого времени. Массивы рассчитаны на 150 значений пеленгов.

Путем операции перебора осуществляется геометрическое дешифрирование, вначале грубое (по критерию отнесения дирекционных углов направлений к одной цели), затем — точное (по временно́му критерию). Количество дирекционных углов направлений на цель, имеющихся на данный момент в массиве, для каждого базного пункта индицируется на табло ЭВМ. Если грубое или точное дешифрирование не привело к расчету координат, дирекционный угол направления на цель (репер, разрыв) возвращается в массив и находится там до подхода новых данных или до достижения установленного времени хранения данных в массиве.

При выполнении условий грубого дешифрирования осуществляется вычисление координат. При этом пеленги на цель уточняются поправками на ветер или на систематическую ошибку. Приоритет отдается поправкам на систематическую ошибку, если координаты цели (репера, разрыва) попадают в одну из зон (площадь круга радиусом в 2,5 км), для которых в ОЗУ имеются поправки

$\Delta\beta_{сист}$. В полосе разведки возможно создание до трех $R_{зв}$. При получении каждой новой пары координат с учетом введенного в ДЗУС признака радиуса осреднения происходит их сравнение с ранее вычисленными и осреднение. Объем массива рассчитан для хранения 50 значений координат. Осреднение координат осуществляется до шестой засечки, после чего они из массива стираются. При расчете координат определяется дальность засечки (до центра геометрической базы). Если она превышает два значения длины геометрической базы, то данным координатам присваивается признак приближенных координат.

Последней подпрограммой этой части алгоритма является подготовка результатов вычислений в ЭВМ к печати (составление формуляров).

Из-за малого (по сравнению с вычислениями в ЦВМ) быстродействия телеграфного аппарата при выдаче вычисленных координат на печать предусмотрен полный, неполный и укороченный формуляр данных.

Полный формуляр формируется после 1, 3 и 6-й засечек той же цели и предусматривает отпечатывание номера цели, времени поступления информации, прямоугольных координат цели, количества осреднений координат (числа засечек) и номера групп сигналов с каждого базного пункта.

Неполный формуляр выдается после 2, 4 и 5-й засечек и содержит номер цели, количество осреднений координат и номера сигналов с базных пунктов (сами координаты не отпечатываются).

Укороченный формуляр выдается только в случае большого потока неотпечатанных результатов, когда телеграфный аппарат не успевает печатать уже вычисленные координаты целей. На печать в этом случае выдаются только номер цели и ее координаты.

Программы оперативной работы и вспомогательных расчетов выполняются по командам (кодам управления), поступающим с пульта ПЛ-8.

К программам оперативного управления относятся:

программа определения отклонений разрыва (группы разрывов) от пристреливаемой цели при обслуживании стрельбы артиллерии;

программа определения значений поправок на систематическую ошибку при засечке звукового репера и учет поправок;

программа расчета скорости и направления действительного ветра по бюллетеню «метеосредний» и расчета скорости распространения звука в приземных слоях атмосферы.

К программам вспомогательных расчетов относятся:

ввод и формирование значений астрономического времени в ЦВМ;

вывод на печать координат цели (репера, разрыва) после печати результатов вычислений по неполному формуляру данных;

решение контрольной задачи (№ 3);

вывод на печать содержания ДЗУС;

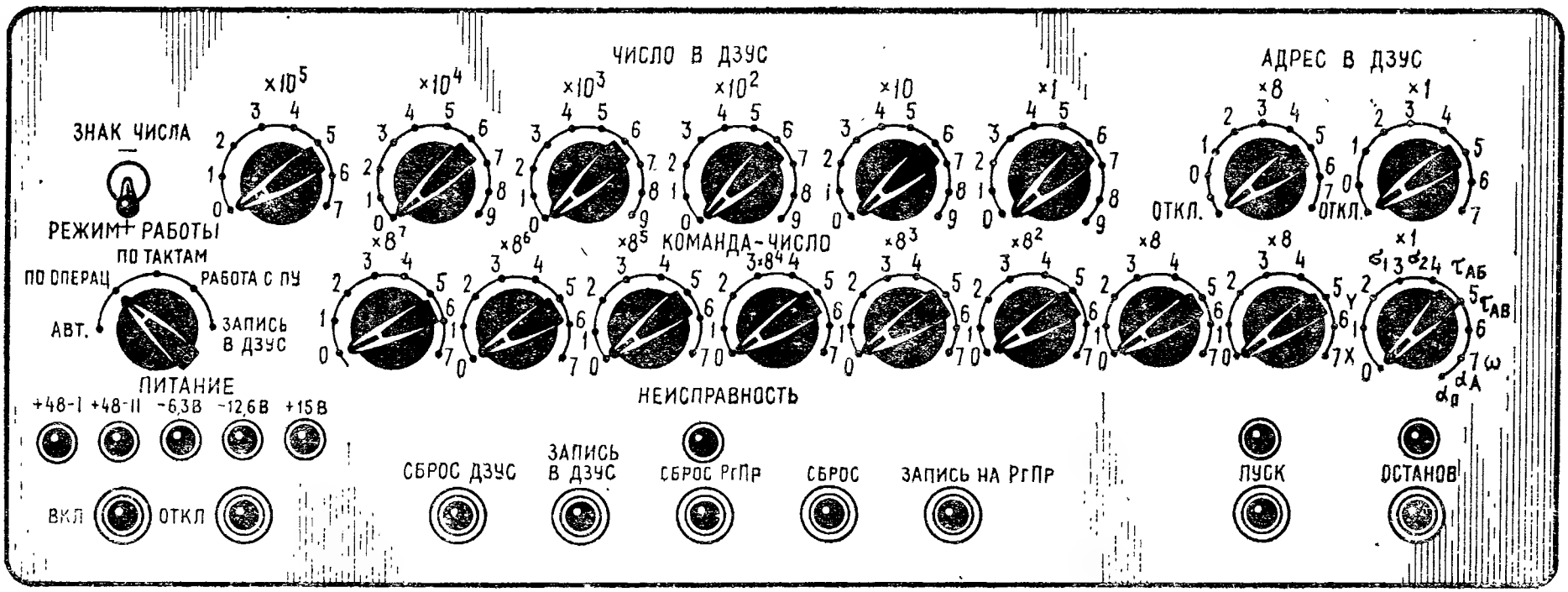


Рис. 7.13. Панель управления пульта ЦВМ

решение задачи по выявлению грубых ошибок в топогеодезической привязке базных пунктов;

решение обратной звукометрической задачи;

решение задачи пересчета координат ранее засеченных целей с учетом поправок на систематическую ошибку после засечки звукового репера.

Все элементы управления и индикации, входящие в состав пульта управления (рис. 7.13), размещены на двух панелях: панели управления и панели индикации. Включение ЦВМ обеспечивается нажатием кнопки ВКЛ. на панели управления, а ее отключение — нажатием кнопки ОТКЛ. Эти кнопки дублируют соответствующие кнопки, выведенные на лицевую панель блока питания ЦВМ 1Э18.

Переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ определяет режим работы ЦВМ. Основным режимом является «Автоматический», при работе в котором ЦВМ выполняет программу без участия оператора. Останов ЦВМ может произойти по программе, по сигналу неисправности, а также при нажатии кнопки ОСТАНОВ или СБРОС.

Режим «По операциям» характеризуется остановом ЦВМ после выполнения одной команды. Выполнение каждой следующей команды происходит в этом случае после очередного нажатия кнопки ПУСК.

В режиме «По тактам» для выполнения одной операции необходимо два раза нажать кнопку ПУСК, вследствие того что выполнение операций осуществляется по двум полутактам.

Режимы «По операциям» и «По тактам» используются при проверках, наладке и ремонте ЦВМ.

В режиме «Работа с ПУ» можно выполнять вручную отдельные участки программы.

Нажатием кнопки ОСТАНОВ осуществляется останов работы ЦВМ.

Режим «Запись в ДЗУС» применяется для записи с пульта управления в ДЗУС сменной информации.

Набиратель КОМАНДА — ЧИСЛО, выполненный на восьми цифровых переключателях, служит для задания с пульта управления команд, чисел и адресов, например, для вызова результатов на световое табло.

Набиратель ЧИСЛО В ДЗУС, выполненный на шести цифровых переключателях и переключателе набора знака, осуществляет перевод набираемой информации из десятичной системы в двоичный код.

Набиратель АДРЕС В ДЗУС, состоящий из двух цифровых переключателей, обеспечивает запись информации в рабочую ячейку ДЗУС, адрес которой установлен переключателями набирателя.

Нажатием кнопки СБРОС ДЗУС осуществляется стирание из этого блока записанной ранее информации по адресу, установленному переключателями АДРЕС В ДЗУС. Нажатием кнопки ЗАПИСЬ В ДЗУС осуществляется запись в этом блоке по адресу,

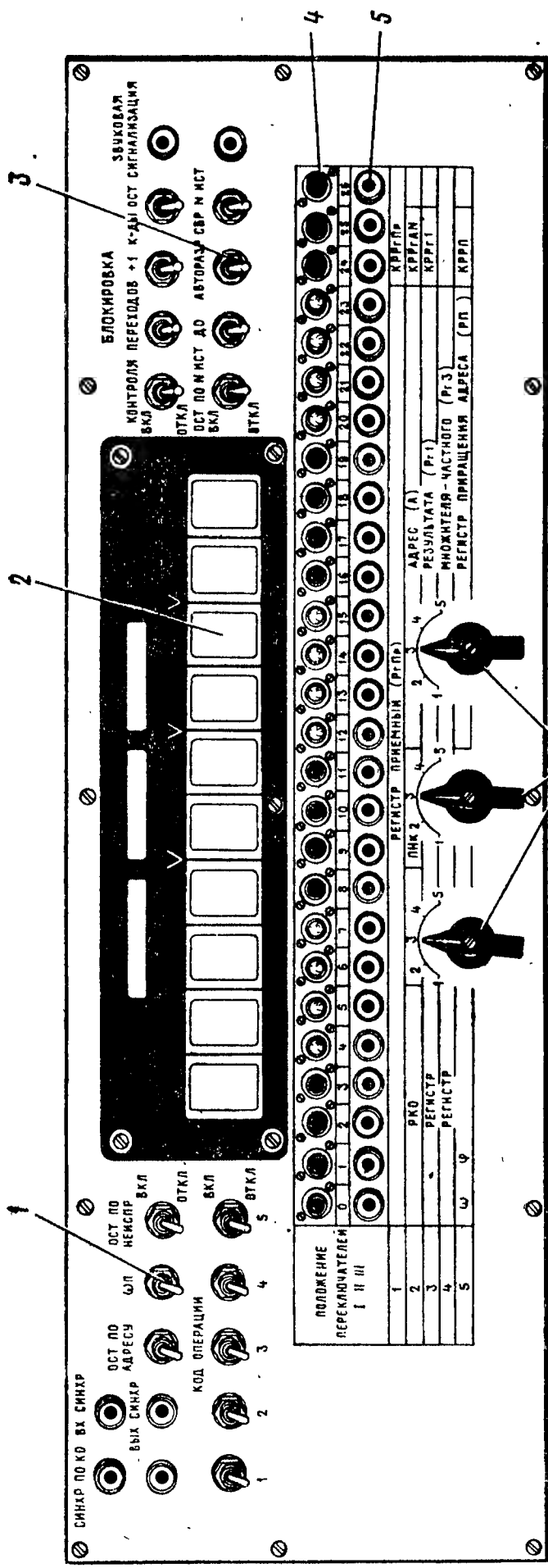


Рис. 7.14. Панель индикации пульта ЦВМ

установленному переключателями АДРЕС В ДЗУС. Перед записью числа в ДЗУС необходимо нажать кнопку СБРОС ДЗУС, так как в противном случае вводимое число будет дописано к числу, записанному ранее, что приведет к грубым ошибкам вычислений ЦВМ.

Нажатием кнопки СБРОС РгПр происходит стирание информации с регистра приемного блока А-У, нажатием кнопки ЗАПИСЬ на РгПр — запись информации на этот регистр с набирателя КОМАНДА — ЧИСЛО.

Нажатие кнопки СБРОС приводит к сбросу информации с основных регистров ЦВМ и ее останову.

Нажатием кнопки ПУСК осуществляется пуск ЦВМ, одновременно в блоке А—У вырабатываются сигналы, синхронизирующие работу всех ее блоков.

Элементы сигнализации панели индикации (рис. 7.14), выполненные в виде ламп накаливания, служат для визуального контроля за наличием питающих напряжений, за состоянием машины, за возникновением неисправностей.

Панель индикации функционально можно разделить на следующие узлы: световое табло, узел индикации и контроля, узел синхронизации, вспомогательные органы управления, узел звуковой сигнализации.

Световое табло является устройством вывода ЦВМ и служит для отображения результатов вычислений в виде цифр десятичного или восьмеричного кода, а также индикации любой информации из накопителей ЦВМ по специальной программе. Световое табло собрано из восьми индикаторов для высвечивания информации, одного индикатора (левого) для высвечивания знака числа, двух индикаторов для высвечивания размерности (правый и верхний), не используемых при работе комплекса.

Узел индикации и контроля предназначен для индикации содержания основных регистров блока А-У. В состав этого узла входят 27 сигнальных ламп, 27 гнезд и три переключателя регистров I, II, III.

Вспомогательные органы управления обеспечивают создание специальных режимов работы ЦВМ, облегчающих отладку программы и поиск неисправностей. В их состав входят восемь выключателей БЛОКИРОВКА, выключатели ОСТ. ПО АДРЕСАМ, ОСТ. ПО НЕИСПР. $\omega_{\text{п}}$.

Ввод информации в ЦВМ осуществляется с пульта ее управления либо с клавиатуры телеграфного аппарата. При работе с пульта управления ЦВМ информация вводится в блок ДЗУС, а ее содержание составляют данные топогеодезической привязки базных пунктов и ряд служебных признаков.

При работе с клавиатуры СТА информация вводится в блок ОЗУ, а ее содержание составляет изменяющаяся информация: текущее значение астрономического времени, метеоданные, координаты цели и огневых позиций стреляющих по ней батареей, коор-

динаты намеченной точки создания фиктивного репера, его истинные координаты и другая информация.

Дополнительный пульт ПЛ-8 (рис. 7.15) предназначен для оперативной передачи в ЦВМ команд управления, по которым производится переход к выполнению задач, указанных при описании алгоритма.

На лицевой панели пульта ПЛ-8 размещены 26 выключателей, одна кнопка и 10 сигнальных ламп. Все выключатели должны быть установлены в нижнее положение, запрещается иметь установленными в верхнее положение более одного выключателя, кроме случая проведения функционального контроля аппаратуры вторичной обработки информации по признаку К-77.

Оптическая индикация режимов работы выполняется на пульте ПЛ-8 с помощью ламп сигнализации, управляемых через каналы разовых команд по программе ЦВМ.

Конструктивно пульт ПЛ-8 выполнен в виде отдельного настольного прибора с наклонной под углом 20° относительно горизонта лицевой панелью.

Для дальнейших подключений на задней стенке пульта установлены четыре разъема, два из которых связывают пульт ПЛ-8 с ЦВМ, один — со стойкой СТ-4 и один — с аппаратным щитком АЩ-67 телеграфного аппарата.

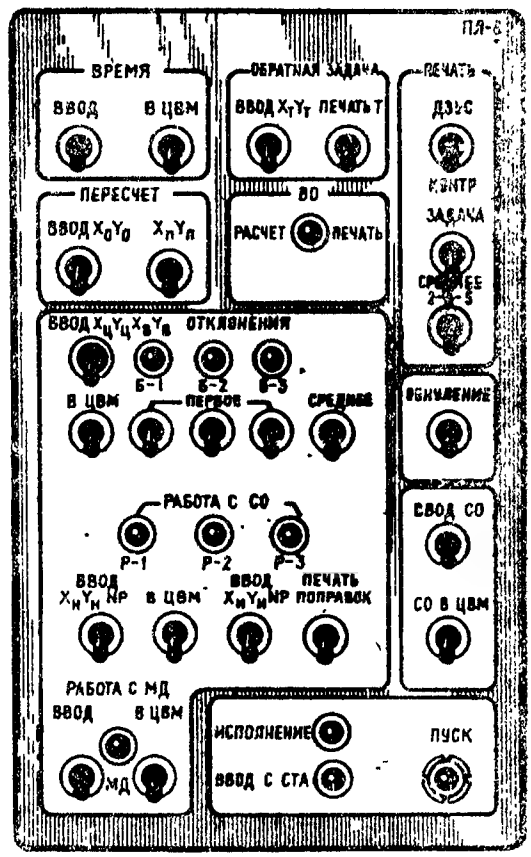


Рис. 7.15. Лицевая панель пульта ПЛ-8

Стартстопный телеграфный аппарат СТА (ЛТА) в звукометрическом комплексе предназначен для ввода в ЦВМ оперативной информации, изменяющейся в процессе работы, а также вывода на печать на ленту результатов решения задач вычислительной машиной.

Принцип работы телеграфного аппарата заключается в том, что любая цифра, знак или буква представлены комбинациями пяти токовых или бестоковых посылок, т. е. наличием или отсутствием тока в пяти кодовых сигналах за время одного оборота главного вала аппарата.

При работе в составе звукометрического комплекса при вводе информации в ЦВМ с клавиатуры телеграфного аппарата используются не все клавиши, а только цифровые, закрытия скобки, двоеточия и знака «минус». Клавиша закрытия скобки, нажимаемая после набора цифр, характеризующих значение вводимой величины, является признаком окончания набора вводимого значения. При нажатии клавиши пробела набранные ранее значения вводимых величин в соответствующем коде поступают в ЦВМ и, если они не являются нулевыми, в течение 2 с индицируются для контроля на световом табло ЦВМ. Клавиша двоеточия служит для стирания последнего на данный момент введенного значения в ЦВМ в случае допущения в нем ошибки при наборе. Клавиша знака «минус» используется при вводе в ЦВМ чисел, имеющих отрицательный знак, например температуры воздуха в зимних условиях, значения поправок на систематическую ошибку, имеющих отрицательное значение.

Комбинации токовых и бестоковых посылок по кабелю связи поступают в стойку приема и согласования технических сигналов СТ-4 и с помощью блока ввода-вывода БЛ-11 преобразуются в двоичные последовательные коды. Так, токовой посылке соответствует уровень логической единицы двоичной системы счисления, а бестоковой — уровень логического нуля. В последующем двоичные последовательные коды из блока БЛ-11 по кабелю связи поступают в ЦВМ для дальнейшей обработки.

Аппаратный щиток предназначен для включения телеграфного аппарата в цепь стойки приема и согласования технических сигналов и контроля тока в цепи электромагнита. При контроле величины тока в этой цепи необходимо нажать кнопку КН, при этом стрелка миллиамперметра укажет величину протекающего тока, который должен быть в пределах 40—50 мА. Если прибор при этом имеет другие показания, производят установку указанных пределов тока с помощью потенциометра, выведенного на лицевую панель аппаратного щитка, при нажатой кнопке КН.

Двигатель телеграфного аппарата должен иметь частоту вращения 3060 об/мин (51 $с^{-1}$).

Подача переменного напряжения 127 В к двигателю СТА производится с помощью реле, расположенного в междублочном пространстве стойки СТ-4 и управляемого вычислительной машиной. Проверка скорости его вращения осуществляется по стробоскопи-

ческому диску с помощью камертона, имеющего частоту колебания ветвей 102 Гц. Регулировку скорости вращения электродвигателя аппарата производят с помощью электронного регулятора.

В последнее время вместо телеграфного аппарата СТА-М67Б в АМЦП устанавливается аппарат ЛТА-8, который по своему устройству и порядку работы существенно не отличается от ранее устанавливаемого аппарата.

7.4. Техническая и служебная связь комплекса

Организация связи

Внутри подразделения звуковой разведки связь организуется между каждым базным пунктом и центральным пунктом, между машинами АМЦП и МРЦП. На позиции базного пункта техническая связь всегда проводная, она организуется между машиной МБП и каждым звукоприемником. Предусмотрена возможность использования этих линий связи для телефонных переговоров между машиной МБП и номером расчета, находящимся в данный момент возле места установки звукоприемника.

Каждый базный пункт соединяется с центральным пунктом кабелем типа П-274М на расстоянии до 5 км. Управление передачей и приемом сигналов и речи производится:

на базных пунктах — через пульт ПЛ-1;

на центральном пункте — через пульт ПЛ-2.

Служебная связь и речь передаются по одному и тому же каналу связи в диапазонах:

технические сигналы — на частотах 2,8—3,2 кГц;

речевые сигналы — на частотах 0,3—2,3 кГц.

Оператор пульта ПЛ-2 может вести переговоры как с каждым базным пунктом отдельно, так и со всеми одновременно (циркулярно). Вызов с каждого базного пункта и обрыв линий связи индицируются на пульте.

Связь между машинами АМЦП и МРЦП осуществляется всегда по кабелю через пульт ПЛ-2 в машине АМЦП и пульт ПЛ-7 в машине МРЦП.

Схема организации радиосвязи показана на рис. 7.16. Для обеспечения радиосвязи внутри подразделения предусмотрены:

три радионаправления для передачи технических сигналов и речи от каждого базного пункта на центральный пункт;

радиосеть для передачи технических сигналов и речи с центрального пункта на базные пункты.

В каждое из трех радионаправлений входят передающая радиостанция Р-107М базных пунктов и приемная радиостанция Р-107М, размещенная в автомашине МРЦП.

В радиосеть входят передающая радиостанция Р-107М, разме-

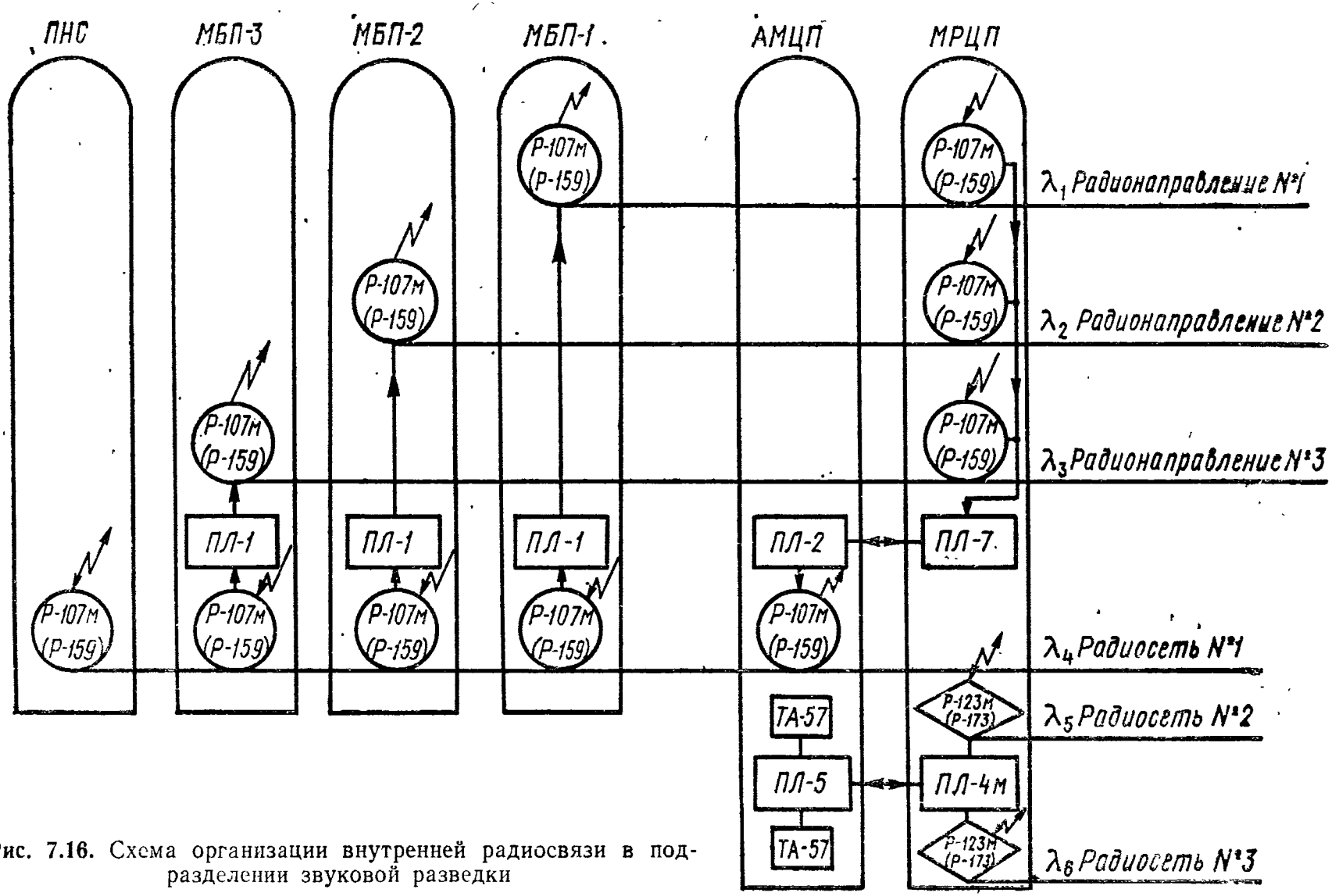


Рис. 7.16. Схема организации внутренней радиосвязи в подразделении звуковой разведки

щенная в АМЦП, и принимающие радиостанции Р-107М, находящиеся в машинах МБП.

Передающие радиостанции каждого базного пункта настроены на свою частоту(λ_1, λ_2, λ_3). Соответственно на эти частоты настроены приемные радиостанции Р-107М в машине радиосвязи ЦП.

Передающая радиостанция в аппаратной машине ЦП и приемные радиостанции всех МБП настроены на частоту λ_4.

С пультов ПЛ-2 и ПЛ-5 обеспечивается управление работой передающей станции Р-107М, размещенной в АМЦП, и прослушивание сигналов, поступающих на принимающие радиостанции Р-107М, расположенные в МРЦП.

Оператор пульта ПЛ-7 в МРЦП прослушивает сигналы, поступающие на принимающие радиостанции Р-107М, и имеет возможность связаться с каждым базным пунктом, используя передающую станцию Р-107М машины АМЦП.

С внешними абонентами проводная связь осуществляется из машины АМЦП через пульт ПЛ-5, а по радио предусмотрена организация:

временной радиосети через радиостанцию Р-123М-2 — для приема метеорологических бюллетеней;

радиосети через ту же радиостанцию — для служебной связи со старшим начальником;

радиосети через радиостанцию Р-123М-1 — для передачи результатов разведки или обслуживания стрельбы.

Радиостанции Р-123М, обеспечивающие внешнюю радиосвязь, установлены в машине МРЦП. Управление ими осуществляется через пульт ПЛ-5 в аппаратной машине ЦП с помощью двух телефонных аппаратов. Кроме того, оператор пульта ПЛ-4М в машине радиосвязи ЦП может автономно связаться с абонентами с помощью этих радиостанций или прослушивать на пульте ПЛ-4М переговоры абонентов с АМЦП.

Для обеспечения радиосвязи при перемещениях и на марше используются передающие радиостанции Р-107М на каждой машине МБП, АМЦП и радиостанция Р-123М-2 на машине МРЦП. Все они настраиваются на одну частоту. Управление радиостанциями осуществляется из кузова или из кабины каждого автомобиля с помощью микротелефонных трубок, подключенных к переговорному устройству.

Аппаратура связи комплекса

В состав аппаратуры связи МБП входят пульт связи ПЛ-1, две радиостанции Р-107М, телефонный аппарат ТА-57, четырнадцать катушек с полевым телефонным кабелем и переговорное устройство.

Аппаратура связи АМЦП состоит из пульта связи ПЛ-2, пульта связи ПЛ-5, радиостанции Р-107М, двух телефонных аппаратов

ТА-57, переговорного устройства и шести катушек с полевым телефонным кабелем.

В состав аппаратуры связи МРЦП входят пульт связи ПЛ-7, пульт связи ПЛ-4М, три радиостанции Р-107М, две радиостанции Р-123М, два телефонных аппарата ТА-57, переговорное устройство и шесть катушек телефонного кабеля.

Пульт связи ПЛ-1 (рис. 7.17) обеспечивает:

коммутацию режима работы пульта (синхронизация, связь, сверка единого времени, решение контрольной задачи № 1, управление пуском аппаратуры базного пункта сигналом синхронизации с АМЦП в режиме «Ждущий»);

коммутацию используемого канала связи (линия — радио);

переход на передачу и прием служебной связи с АМЦП и обслуживаемым постом предупреждения;

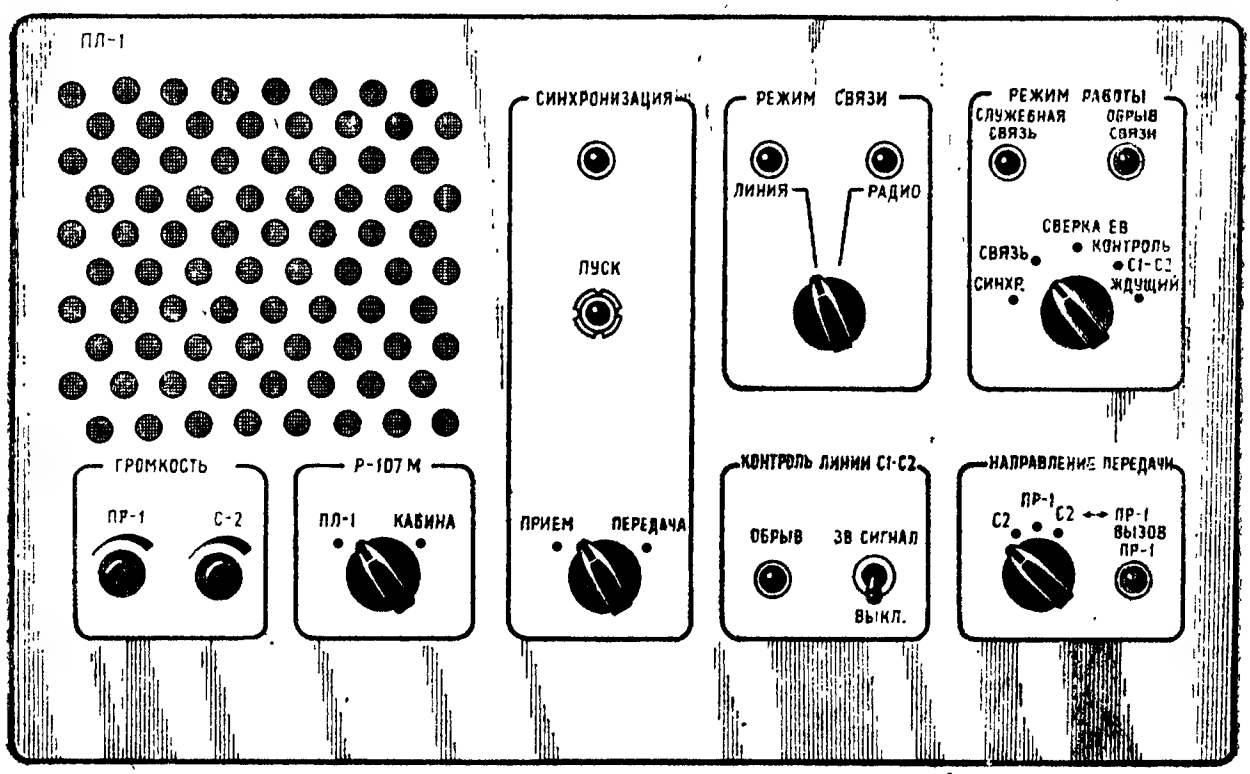


Рис. 7.17. Лицевая панель пульта ПЛ-1

вызов абонента обслуживаемого поста предупреждения;

связь между собой АМЦП и обслуживаемого поста предупреждения;

световую и звуковую сигнализацию о состоянии линии связи МБП — АМЦП;

переход с приема на передачу сигнала синхронизации;

коммутацию передающей радиостанции Р-107М на пульт ПЛ-1 и на переговорное устройство;

ручной пуск передающей радиостанции Р-107М на излучение;

регулировку уровня передаваемого речевого сигнала по радиостанции Р-107М;

регулировку громкости принимаемых речевых сигналов от АМЦП и обслуживаемого поста предупреждения и общей громкости.

Питание пульта ПЛ-1 осуществляется напряжением 24 В от блока БЛ-15 стойки СТ-3.

Радиостанция Р-107М — ультракоротковолновая, переносная, предназначенная для беспоисковой и бесподстроечной радиосвязи базного пункта с центральным пунктом в диапазоне 20—52 МГц. Максимальная дальность связи — не менее 12 км.

Для обеспечения быстрого вхождения в связь в радиостанции предусмотрена возможность установки частоты диапазона с помощью цифрового электронно-счетного частотомера и автоматической настройки согласующего антенного устройства.

В комплект радиостанции входят приемопередатчик с одним рабочим и двумя запасными комплектами аккумуляторных батарей 2НКП-24, микротелефонная гарнитура, микротелефонная трубка, комплект штыревой антенны, документация и ЗИП.

Схемой радиосвязи автоматизированного звукометрического комплекса предусмотрено использование на каждом базном пункте двух радиостанций Р-107М, одна из которых (первая) — передающая, другая — принимающая.

Питание радиостанций базного пункта при его работе на радиосвязи осуществляется от стойки питания СТ-7, аккумуляторные батареи типа 2НКП-24 используются в качестве резервного источника питания.

Пульт связи ПЛ-2 (рис. 7.18) предназначен для обеспечения:

двусторонней громкоговорящей связи АМЦП с машинами базных пунктов;

прямой громкоговорящей и телефонной двусторонней связи обслуживаемых постов предупреждения с АМЦП;

двусторонней громкоговорящей связи АМЦП с МРЦП;

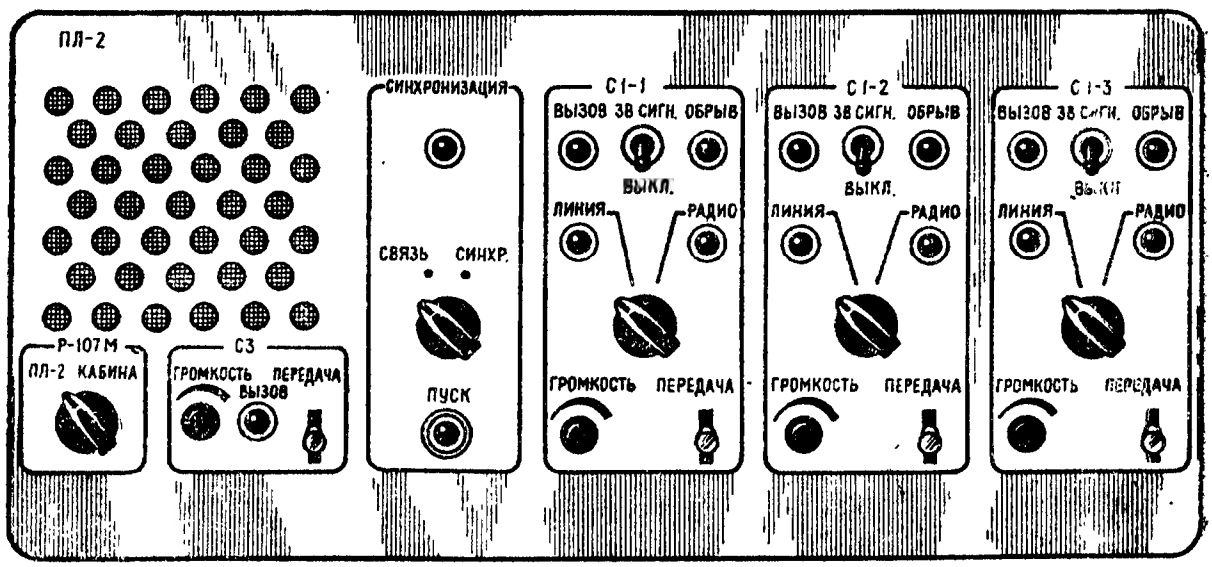


Рис. 7.18. Лицевая панель пульта ПЛ-2

передачи фазомодулированных технических сигналов на стойку СТ-4;

подключения передающей радиостанции к переговорному устройству;

установления единого времени базных пунктов;

перехода с проводного на радиоканал и сигнализации о выбранном виде связи;

сигнализации о состоянии линий связи базных пунктов с АМЦП;

сигнализации о вызывающем абоненте при работе по проводной линии связи.

Питание пульта ПЛ-2 осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24 В от блока БЛ-15 стойки СТ-5.

Пульт связи ПЛ-5 (рис. 7.19) предназначен для обеспечения:

телефонной связи АМЦП с абонентами А1 и А2 по линии или по радио;

двусторонней громкоговорящей связи между оператором пульта ПЛ-5 и оператором пульта связи ПЛ-4М, размещенного в МРЦП;

вызова обслуживаемого поста предупреждения;

громкоговорящей и телефонной двусторонней связи между оператором пульта ПЛ-5 и обслуживаемым постом предупреждения;

выхода оператора пульта ПЛ-5 на громкоговорящую связь с базными пунктами через пульт связи ПЛ-2;

приема сигналов пуска от обслуживаемого поста предупреждения и передачи их на пульт связи ПЛ-2.

Питание пульта связи ПЛ-5 осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24 В.

Пульт связи ПЛ-7 (рис. 7.20), размещаемый в МРЦП, предназначен для обеспечения:

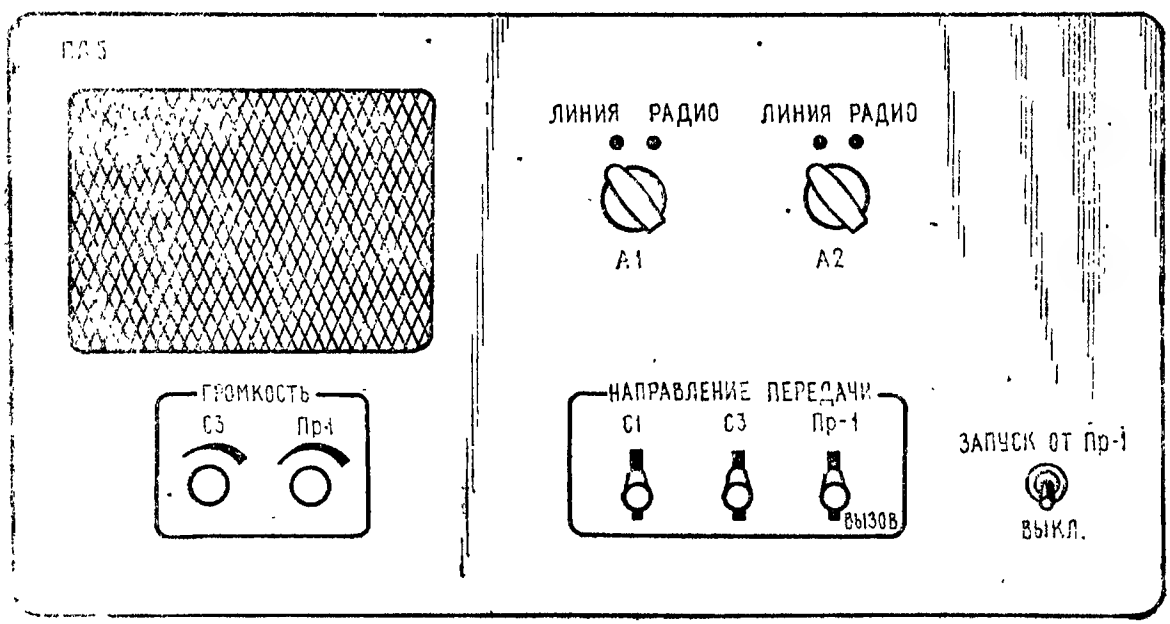


Рис. 7.19. Лицевая панель пульта ПЛ-5

контроля с помощью громкоговорителя работы трех радиостанций Р-107М, осуществляющих радиоприем от базных пунктов на АМЦП;

двусторонней громкоговорящей связи между оператором пульта ПЛ-2 АМЦП и оператором пульта ПЛ-7;

радиопередачи на базные пункты комплекса с помощью передающей радиостанции Р-107М, установленной в АМЦП.

Питание пульта ПЛ-7 осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24 В, расположенного в АМЦП, через линейный щиток Щ-3 МРЦП.

Пульт связи ПЛ-4М (рис. 7.21) предназначен для обеспечения:

контроля с помощью громкоговорителя двух радиостанций Р-123М внешней связи звукометрического комплекса;

громкоговорящей двусторонней связи между оператором пульта ПЛ-5 в АМЦП и оператором ПЛ-4М;

телефонной связи оператора ПЛ-5 в АМЦП с абонентами А1 и А2 по радиостанциям Р-123М;

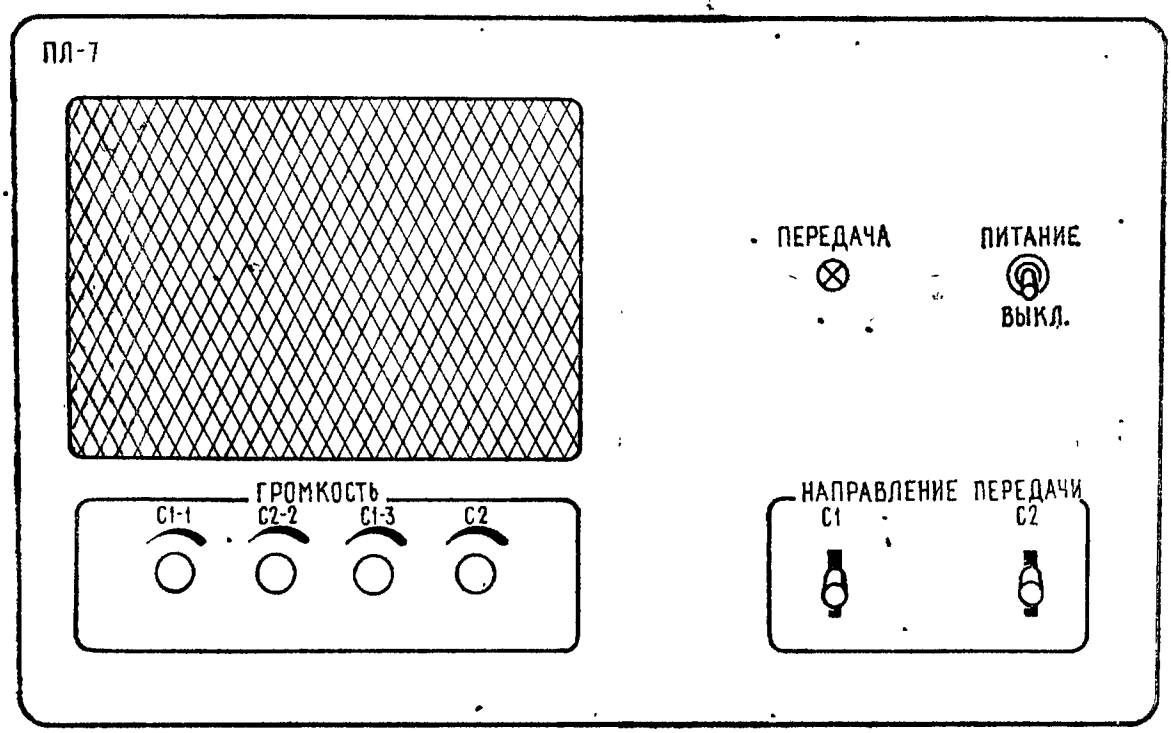


Рис. 7.20. Лицевая панель пульта ПЛ-7

выхода оператора пульта ПЛ-4М на прием и передачу с абонентами А1 и А2 по радиостанциям Р-123М;

подключения радиостанции Р-123М к щитку переговорного устройства для управления подразделением на марше из кабины автомобиля.

Питание пульта ПЛ-4М осуществляется от источника постоянного тока напряжением 24 В, расположенного в АМЦП, через линейный щиток Щ-3 МРЦП.

Радиостанция Р-123М — ультракоротковолновая, телефонная, стационарно установленная, предназначена для беспоисковой и

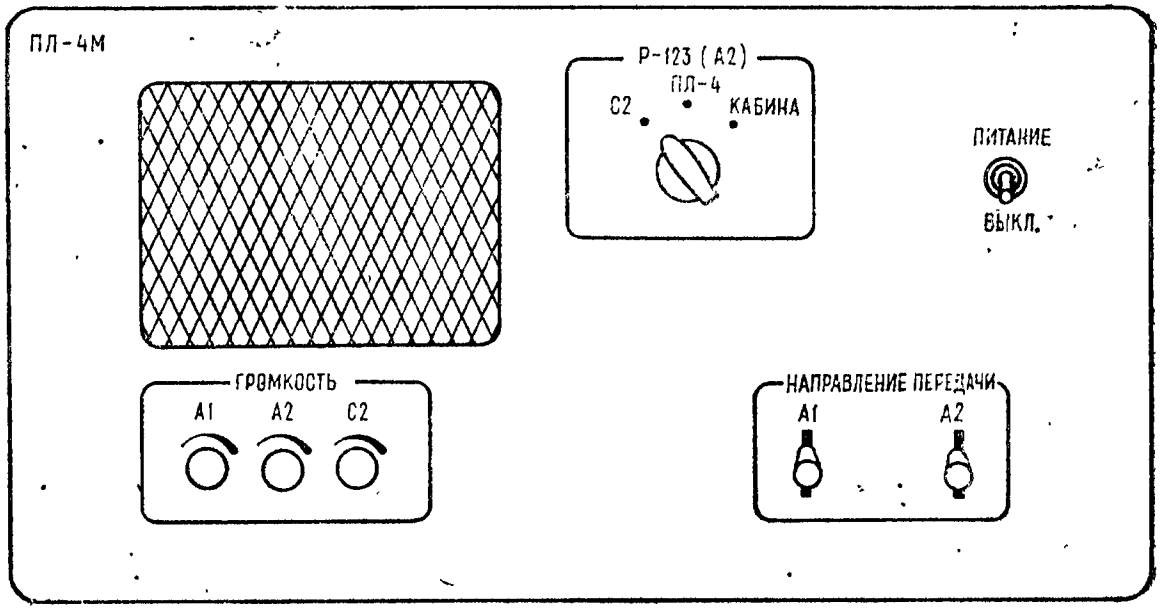


Рис. 7.21. Лицевая панель пульта ПЛ-4М

бесподстроечной радиосвязи центрального пункта подразделения звуковой разведки с внешними абонентами.

Диапазон рабочих частот радиостанции 20—51,5 МГц разбит на два поддиапазона 20—35,75 МГц и 35,75—51,5 МГц. Радиостанция имеет 1261 рабочую частоту, интервал между частотами составляет 25 кГц. Перестройка с одной частоты на другую производится плавно по оптической шкале. Радиостанция может быть предварительно настроена на четыре заранее выбранные и зафиксированные частоты с последующей автоматической установкой одной из них оператором.

Дальность связи при работе на четырехметровую антенну на среднепересеченной местности достигает 25—28 км. Электропитание радиостанции осуществляется от стойки СТ-6 напряжением 27 В постоянного тока. Работоспособность радиостанции сохраняется при изменении напряжения питания от 22 до 30 В.

Переговорное устройство предназначено для телефонной связи между кузовом автомобиля и кабиной водителя, а также для обеспечения радиосвязи через радиостанцию Р-107М с другими машинами комплекса во время движения колонны. Служебная связь при этом может осуществляться из кабины или из кузова автомобиля.

Переговорное устройство состоит из двух щитков. Первый щиток (ЩПУ-1У) находится в кабине водителя, второй (ЩПУ-2У) — в кузове автомобиля.

Переговорное устройство включается на щитке ЩПУ-2У выключателем ВКЛ., при этом на лицевой панели щитка загорается лампа ПЕРЕГ. УСТР.

Для вызова абонента, находящегося в кабине, выключатель ВЫЗ. устанавливают в положение ВЫЗ., при этом в кабине будет

слышен зуммерный сигнал вызова. Переключив на обоих щитках спаренные переключатели ТЛФ — РАДИО в положение ТЛФ, можно вести телефонные переговоры.

Для подачи из кузова автомобиля в кабину сигнала о немедленной остановке автомобиля необходимо включить на ЩПУ-2У выключатель СТОП, при этом на обоих щитках будет звучать зуммерный сигнал, а на щитке кабины загорится лампа СТОП.

Для вызова из кабины абонента, находящегося в кузове автомобиля, на щитке, расположенном в кабине, выключатель ВЫЗ. устанавливают в положение ВЫЗ., при этом на щитке кузова будет слышен зуммерный сигнал.

Для ведения переговоров по радио спаренные переключатели ТЛФ — РАДИО на обоих щитках необходимо установить в положение РАДИО.

Питание микрофонов переговорного устройства в телефонном режиме осуществляется от аккумуляторной батареи 6СТ-90, а в режиме «Радио» — от аккумуляторов радиостанций Р-107М.

7.5. Синхронизация работы аппаратуры базных и центрального пунктов

Для осуществления в ЦВМ дешифрирования переданной с базных пунктов информации необходима синхронная работа счетчиков времени на базных пунктах.

В комплексе АЗК-5 первоначальная установка счетчиков времени базных пунктов в исходное состояние и периодическая проверка синхронности их работы осуществляется с помощью пультов ПЛ-1 на базных пунктах и пульта ПЛ-2 на центральном пункте при участии операторов.

В каждом из этих пультов смонтирован генератор тонального сигнала синхронизации. На пульте ПЛ-2 он используется в основном режиме работы комплекса, а генераторы пультов ПЛ-1 предназначены на аварийный случай, когда один из базных пунктов будет выполнять роль центрального пункта. Сущность синхронизации заключается в том, что по команде с ЦП на базных пунктах выполняются подготовленные операции, обеспечивающие коммутацию электрических цепей для первоначальной установки и пуска счетчиков времени, расположенных в пультах ПЛ-3.

Нажатием кнопки ПУСК на пульте ПЛ-2 оператор как бы одновременно включает счетчики времени базных пунктов. Предусмотрена возможность после проведения синхронизации и в ходе боевой работы проверить устойчивость синхронной работы счетчиков времени в режиме сверки единого времени.

В режиме «Синхронизация» нормальное функционирование аппаратуры индицируется на табло всех пультов ПЛ-3 цифрами 9, показания эти сбрасываются при установке переключателя режима пультов ПЛ-1 в положение СВЯЗЬ.

В режиме сверки единого времени (ЕВ) на табло фиксируется время, прошедшее с момента синхронизации. При возвращении

пультов ПЛ-1 в режим «Связь» показания единого времени не сбрасываются, так как их необходимо передать на ЦП, где доклады со всех базных пунктов сличаются. Расхождения ЕВ не должно быть более 10 мс после синхронизации и не более 150 мс через 1—1,5 ч боевой работы. Нарушение синхронности в работе электронных счетчиков текущего времени больше указанных норм ведет к невозможности получения координат цели (репера, разрыва) в ЦВМ.

7.6. Источники электропитания комплекса

Источники электропитания звукометрического комплекса предназначены для обеспечения питания аппаратуры необходимыми питающими напряжениями.

Различают первичные и вторичные источники питания, основные и резервные, постоянного и переменного тока, стабилизированных и нестабилизированных напряжений.

В состав аппаратуры электропитания МБП входят следующие источники питания:

а) первичные:

выносной бензоагрегат АБ1-0/230, являющийся основным источником электропитания (остальные нижеперечисленные источники — резервные);

генератор переменного тока Г-290 со встроенным выпрямителем, работающий с отбором мощности от автомобильного двигателя через специальный механический привод;

две кислотные аккумуляторные батареи 6СТ-90, соединенные последовательно АБ24В;

кислотные аккумуляторные батареи 6СТ-90 и 12САМ-28;

шесть групп щелочных аккумуляторных батарей 2НКП-24 по три последовательно соединенных батареи в каждой;

б) вторичные:

пульт старшего оператора-топогеодезиста ПЛ-6;

стойки электропитания СТ-7 и СТ-3;

щит с автоматической защитой ЩАЗ;

щит питания ЩП;

блоки питания БПРП-220, БПРП-24, входящие в состав регистрирующего прибора;

преобразователь тока ПТ-200Ц-Щ из комплекта аппаратуры наземной навигации.

В состав аппаратуры электропитания АМЦП входят следующие источники питания:

а) первичные:

выносной бензоагрегат АБ2-0/230;

две группы аккумуляторных батарей 6СТ-90 по две последовательно соединенных батареи в каждой;

аккумуляторная батарея 6СТ-90;

три группы по три последовательно соединенных аккумуляторных батареи 2НКП-24;

б) вторичные:
стойки электропитания СТ-5, СТ-8, СТ-9;
блок питания 1Э18 ЦВМ;
щит с автоматической защитой (ЩАЗ);
щит питания (ЩП).

В состав аппаратуры электропитания МРЦП входят следующие источники питания:

а) первичные:
выносной бензоагрегат АБ1-0/230;
одна группа аккумуляторных батарей 6СТ-90, соединенных последовательно;
аккумуляторная батарея 6СТ-90;
девять групп аккумуляторных батарей 2НКП-24 по три последовательно соединенных батареи в каждой;
две аккумуляторные батареи СЦ-25 из комплекта ДМК;
б) вторичные:
стойки электропитания СТ-6 и СТ-10;
щит с автоматической защитой ЩАЗ;
щит питания ЩП.

Кроме перечисленных источников питания в состав МРЦП входит запасной бензоагрегат АБ1-0/230 звукометрического комплекса, в состав других машин комплекса входят аккумуляторные батареи комплектов буссолей, дальномеров ДДИ-3, ПУО-9ЗР, используемые для подсветки при работе ночью, а также сухие элементы телефонных аппаратов, дозиметрических приборов и т. д.

Устройство бензоагрегата АБ1-0/230 рассмотрено в его техническом описании.

Генератор Г-290 с отбором мощности от вала двигателя автомобиля является резервным источником питания основной аппаратуры базного пункта и основным совместно с батареей АБ24В источником питания аппаратуры наземной навигации.

Генератор Г-290 является источником трехфазного переменного напряжения. Для получения постоянного напряжения применены встроенный выпрямитель, реле-регулятор и фильтр радиопомех. Номинальное напряжение генератора — 27 В, номинальная мощность — 3750 Вт.

Две **кислотные аккумуляторные батареи 6СТ-90,** соединенные последовательно, являются резервным источником питания и обеспечивают питание в течение 2 ч в МБП всей аппаратуры первичной обработки и средств связи, в АМЦП 1АБ24В обеспечивает питание всей аппаратуры вторичной обработки (кроме ЦВМ) и средств связи, 2АБ24В обеспечивает питание только ЦВМ; в МРЦП — питание радиостанций Р-123М.

Аккумуляторная батарея 6СТ-90 на автомобилях комплекса используется для питания кузовных устройств: фильтровентиляционной установки, отопителя вентиляционного, вентиляторов, освещения кузова и т. д.

Щелочные кадмиево-никелевые аккумуляторные батареи 2НКП-24 являются резервным источником питания радиостанций

Р-107М. Для каждой радиостанции составлена одна рабочая группа батарей 3×2НКП-24 и две запасные. Напряжение питания одной группы батарей — 7,2 В.

Кислотная аккумуляторная батарея 12САМ-28 является резервным источником питания преобразователя гирокомпаса 1Г17. Напряжение питания батареи — 24 В.

Пульт старшего оператора-топогеодезиста ПЛ-6 предназначен для выполнения следующих функций:

электрического соединения цепей питания обмотки возбуждения генератора Г-290, реле-регулятора и фильтра радиопомех;

подключения аппаратуры наземной навигации к источникам питания;

подзаряда аккумуляторной батареи АБ24В;

подзаряда трех последовательно соединенных щелочных батарей АБ7,2В от генератора Г-290;

подзаряда аккумуляторной батареи 12САМ-28 и включения системы ее подогрева в зимних условиях от генератора Г-290;

коммутации цепей питания и контроля напряжений и токов в различных режимах работы пульта ПЛ-6.

Для подачи напряжения питания к аппаратуре МБП при работающем двигателе автомобиля на лицевой панели пульта ПЛ-6 необходимо пакетный выключатель ПИТАНИЕ и выключатель гирокомпаса Г-290 установить в положение ВКЛ. При этом генератор Г-290 будет работать совместно с аккумуляторной батареей АБ24В и ее подзаряд происходит во время работы генератора Г-290.

При установке выключателя Г-290 в положение ВЫКЛ., а выключателя ПИТАНИЕ — в положение ВКЛ. аппаратура МБП получает питание только от аккумуляторной батареи АБ24В; при установке выключателя ПИТАНИЕ в положение ВЫКЛ., а выключателя Г-290 — в положение ВКЛ. аппаратура получит питание только от генератора Г-290.

Запрещается устанавливать выключатель Г-290 в положение ВКЛ. при неработающем двигателе автомобиля во избежание перегрева обмоток возбуждения генератора Г-290.

Одновременно с подзарядом АБ24В может работать и аппаратура наземной навигации.

Для подзаряда аккумуляторных батарей радиостанций необходимо последовательно соединить шесть аккумуляторов и переключатель ТОК 6×2НКП-24 установить в одно из положений 1, 2, 3, соответствующих значению зарядного тока, контролируемого по шкале амперметра, расположенного над переключателем ТОК 6×2НКП-24.

Подзаряд аккумуляторной батареи 12САМ-28 производится от генератора Г-290 через выключатель ПОДЗАРЯД 12САМ-28, а обогрев ее при работе в зимних условиях — через выключатель ОБОГРЕВ. Для измерения зарядного тока этой батареи служит амперметр, расположенный над выключателями ПОДЗАРЯД и ОБОГРЕВ.

Пульт ПЛ-6. С помощью амперметра КОНТРОЛЬ ТОКА, расположенного слева на лицевой панели ПЛ-6, осуществляется измерение тока нагрузки при питании аппаратуры от генератора Г-290 или от аккумуляторной батареи АБ24В, а также зарядного тока этой батареи.

Контроль выходных напряжений источников питания осуществляется по вольтметру ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ с помощью переключателя напряжений.

Сигнальные лампы пульта ПЛ-6 служат для индикации напряжений в цепях питания генератора Г-290 и приборов аппаратуры наземной навигации.

Стойка электропитания СТ-7 (рис. 7.22) предназначена для обеспечения питания стойки СТ-3, радиостанций Р-107М, регистрирующего прибора необходимыми питающими напряжениями, а также автоматического и ручного переключения источников питания.

Стойка СТ-7 в своем составе имеет четыре блока:

блок коммутации первичных источников питания БЛ-17, предназначенный для обеспечения стойки СТ-3 напряжением 24 В постоянного тока и пульта ПЛ-3 напряжением 105 В постоянного тока при питании стойки СТ-7 как от бензоагрегата, так и от батареи АБ24В; обеспечения автоматического и ручного подключения стойки СТ-3 к аккумуляторной батарее АБ24В в случае неподачи напряжения 220 В переменного тока на вход стойки СТ-7 и обратного переключения в случае его появления; обеспечения визуального контроля по вольтметру напряжения переменного тока, поступающего на стойку СТ-7 от бензоагрегата, а по многоканальному стрелочному индикатору — контроль поступающих на стойку СТ-7 от первичных источников напряжений 24; 7,2 и 105 В (вырабатываемого блоком БЛ-17);

блок преобразования переменного тока в постоянный БЛ-18, предназначенный для питания блока БЛ-14 и одного блока БЛ-13 стойки СТ-3 нестабилизированными напряжениями 60 и 8; 9 В соответственно;

блок преобразования переменного напряжения в напряжение постоянного тока БЛ-20, предназначенный для питания другого блока БЛ-13 стойки СТ-3 нестабилизированными напряжениями 8 и 9 В, питания блока БЛ-15 этой же стойки нестабилизированными напряжениями 15 и 32 В, а также для формирования постоянного тока напряжением 24 В для питания схемы термостатирования;

блок питания радиостанций Р-107М БЛ-22 с выходным напряжением 8,2 В.

Все блоки стойки СТ-7 имеют токовую защиту по входу плавкими вставками предохранителей.

Принцип работы стойки СТ-7 заключается в следующем. Напряжение 220 В переменного тока поступает на блоки БЛ-17, БЛ-18, БЛ-20, БЛ-22, а с их выходов снимается ряд напряжений, поступающих для питания потребителей: стойки СТ-3, радиостан-

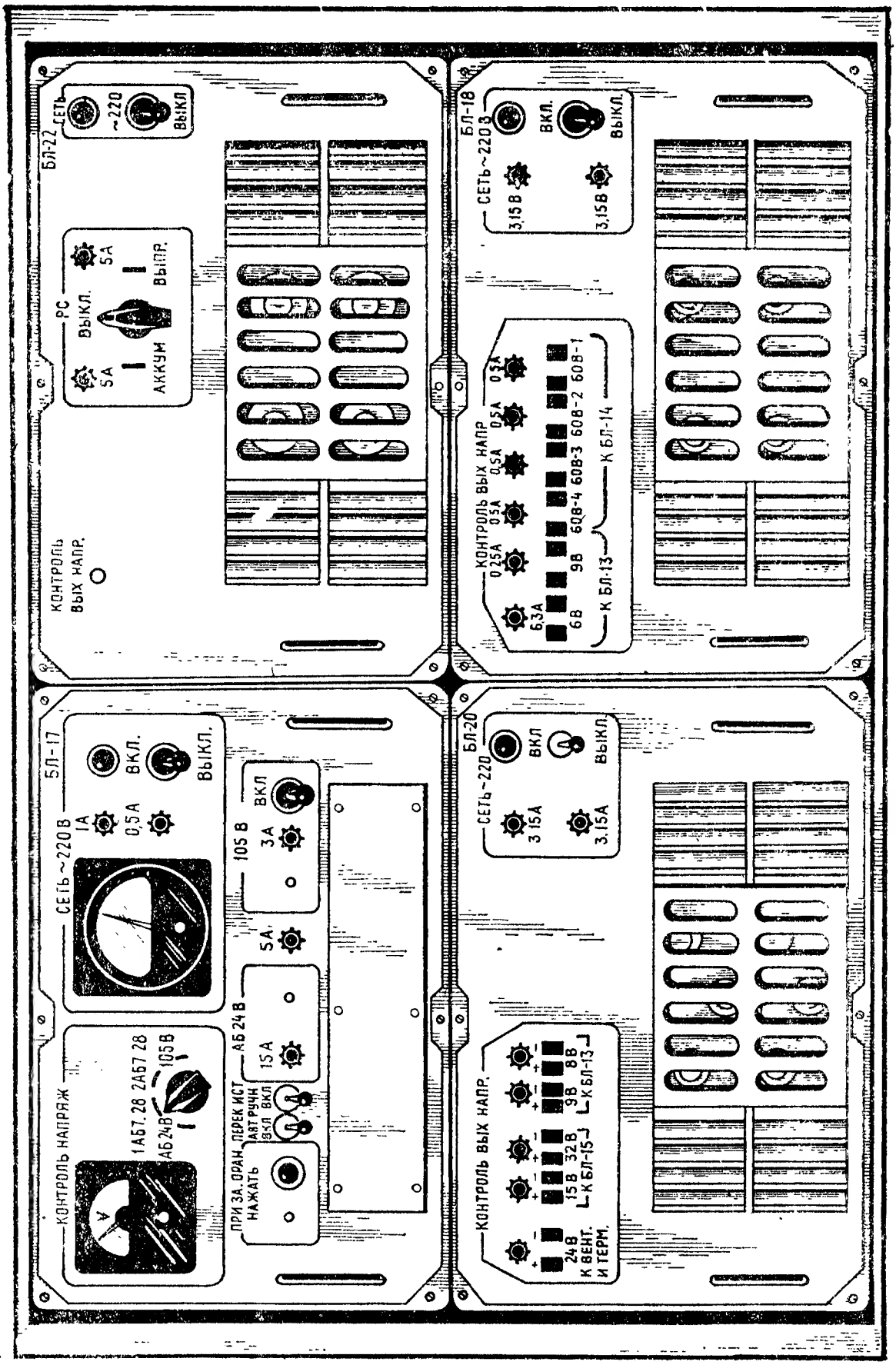


Рис. 7.22. Общий вид стойки СТ-7

ций Р-107М, регистрирующего прибора, цифрового табло пульта ПЛ-3, термостата блока БЛ-6. Кроме того, через стойку СТ-7 проходят транзитом и поступают на блоки питания регистрирующего прибора постоянное напряжение 24 В и переменное напряжение 220 В. С помощью блока БЛ-17 осуществляются коммутация источников питания (автоматически или вручную) в случае прекращения подачи переменного напряжения 220 В и обратный переход в случае его восстановления.

Стойка электропитания СТ-3 (рис. 7.23) предназначена для обеспечения аппаратуры базного пункта необходимыми стабилизированными напряжениями.

В состав стойки СТ-3 входят следующие блоки: два блока электропитания БЛ-13 с выходным напряжением 5 В для питания микросхем; блок электропитания БЛ-14 с выходным напряжением четырех независимых каналов 40 В для питания звукоприемников; блок электропитания БЛ-15 с выходным напряжением 24 В для питания пульта ПЛ-1, стойки СТ-1 и блока БЛ-6. Питание блока БЛ-6 осуществляется нестабилизированным напряжением 24 В.

Каждый из блоков стойки СТ-3 построен по последовательной единой функциональной схеме: фильтр — преобразователь — выпрямитель — фильтр выпрямителя — стабилизатор напряжения — фильтр. Фильтр на входе преобразователя служит для защиты цепи питания стойки от импульсных помех. Преобразователь постоянное напряжение преобразует в переменное. Выпрямитель обеспечивает выпрямление переменного напряжения преобразователя в напряжение постоянного тока. Фильтр выпрямителя уменьшает величину пульсаций выпрямленного напряжения. Стабилизатор напряжения обеспечивает на выходе канала стабилизированное напряжение при воздействии любых дестабилизирующих факторов. Фильтр на выходе блока обеспечивает малые значения пульсаций высокочастотного переменного напряжения.

Принцип работы стойки СТ-3 заключается в следующем.

При подаче напряжения 220 В переменного тока от бензоагрегата со стойки СТ-7 ряд постоянных нестабилизированных напряжений (8, 9, 60, 15, 32, 24 В) поступают сразу на стабилизаторы напряжений всех блоков стойки СТ-3, из которых формируются стабилизированные напряжения 5, 40, 24 В. Напряжения 9 и 15 В используются в качестве напряжений управления. Кроме того, с блока БЛ-17 стойки СТ-7 поступает нестабилизированное напряжение 24 В для питания термостата стойки СТ-2 через выключатель ТЕРМ. блока БЛ-15.

В случае прекращения подачи переменного тока на входы всех блоков стойки СТ-3 автоматически без перерыва поступит постоянное напряжение 24 В от аккумуляторной батареи или 27 В от генератора Г-290 при его работе. При этом элементы функциональной схемы каждого из блоков стойки СТ-3 будут включены в работу полностью.

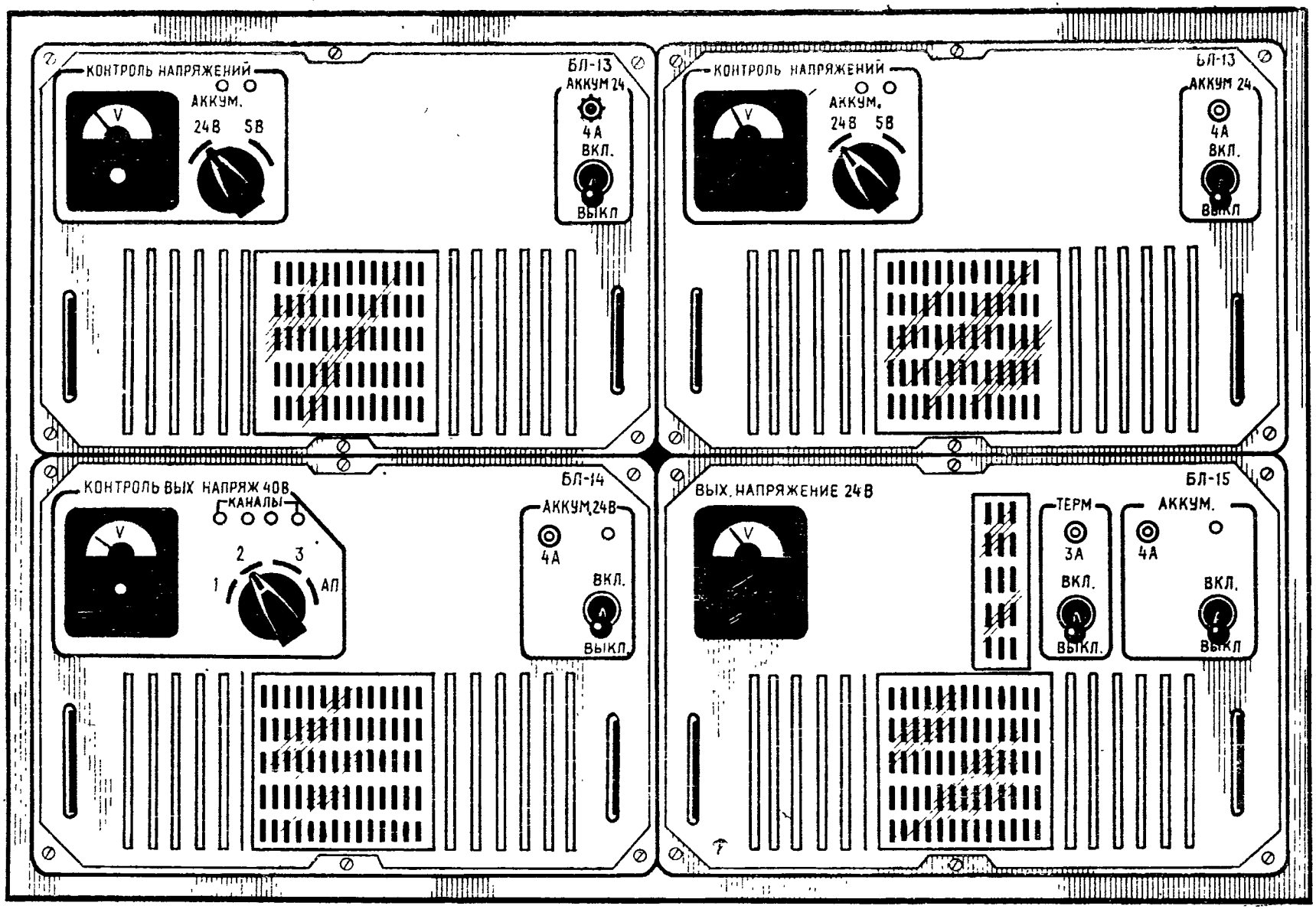


Рис. 7.23. Общий вид стойки СТ-3

На выходе стойки СТ-3 будут те же напряжения, что и при наличии переменного напряжения 220 В.

Щит с автоматической защитой (ЩАЗ) предназначен для коммутации электрических цепей, защиты потребителей от перегрузок и коротких замыканий, питания осветительной сети напряжением 12 В и осуществления автоматического отключения потребителей в случае возникновения опасных для обслуживающего расчета режимов.

Для проверки работы ЩАЗ необходимо нажать кнопку ПРОВЕРКА АВТОМАТА. При исправном ЩАЗ рукоятка силового автомата должна установиться при этом в положение ОТКЛ. Включать аппаратуру базного пункта при неисправном силовом автомате категорически запрещается. Проверка работы силового автомата проводится каждый раз при включении аппаратуры.

Щит питания (ЩП) предназначен для питания потребителей постоянного тока напряжением 12 В: ФВУ, ОВ-65 для освещения кузова и подзаряда аккумуляторной батареи 6СТ-90. Он состоит из четырех понижающих трансформаторов, выпрямительного моста, органов управления и контроля.

Для включения щита питания необходимо последовательно установить выключатели БОРТ. СЕТЬ и ВЫПРЯМ. в положение ВКЛ.

Для заряда аккумуляторной батареи 6СТ-90 выключатель БУФЕР установить в положение ВКЛ., при этом амперметр покажет силу зарядного тока.

Стойка электропитания СТ-8 предназначена для обеспечения стойки СТ-5, ЦВМ, радиостанции Р-107М необходимыми питающими напряжениями и обеспечения автоматического или ручного переключения первичных источников питания.

В состав стойки СТ-8 входят следующие блоки: блок коммутации первичных источников питания БЛ-12, блок питания радиостанции Р-107М БЛ-22, блоки питания БЛ-23 и БЛ-24, работающие совместно и составляющие единый источник питания с выходным напряжением 27 В, для обеспечения питания блока 1Э18 ЦВМ.

Принцип работы стойки СТ-8 заключается в следующем. Напряжение 220 В переменного тока поступает на блоки БЛ-12, БЛ-22 и БЛ-23.

Блок БЛ-12 вырабатывает постоянное напряжение 24 В, используемое для питания вентиляторов, ламп местного освещения и счетчика моточасов. С блоков БЛ-23 и БЛ-24 напряжение 27 В поступает на вход коммутирующего устройства блока БЛ-12. Одновременно к этому устройству поступают постоянные напряжения 24 В от двух групп аккумуляторных батарей 1АБ24В и 2АБ24В. Блок БЛ-22 вырабатывает стабилизированное напряжение 8,2 В для питания радиостанции Р-107М.

При прекращении подачи напряжения 220 В устройство автоматического управления блока БЛ-12 подключит аккумуляторные батареи, причем напряжение от 1АБ24В поступит для питания

стойки СТ-5, а напряжение от 2АБ24В поступит для питания ЦВМ. Питание радиостанции Р-107М в этом случае осуществляется от аккумуляторных батарей 3×2НКП-24, составляющих рабочий комплект радиостанции. Переключение питания радиостанции осуществляется вручную.

Все блоки имеют токовую защиту плавкими предохранителями по входу и выходу.

Стойка электропитания СТ-5 предназначена для обеспечения аппаратуры АМЦП необходимыми питающими напряжениями.

В состав стойки СТ-5 входят следующие блоки: блок электропитания БЛ-13 с выходным напряжением 5 В для питания микросхем; блок электропитания БЛ-15 с выходным напряжением 24 В, используемым для питания аппаратуры вторичной обработки; блок электропитания БЛ-16 с выходными напряжениями 80 В постоянного тока и 127 В переменного тока, используемые для питания телеграфного аппарата; блок преобразования напряжений БЛ-20, вырабатывающий 8; 9; 15 и 32 В нестабилизированных напряжений.

Принцип работы стойки СТ-5 заключается в следующем. Напряжение 220 В переменного тока со входа стойки поступает на блоки БЛ-16 и БЛ-20.

С выхода блока БЛ-16 поступает стабилизированное напряжение 80 В, используемое для питания электромагнита телеграфного аппарата, и переменное напряжение 127 В, предназначенное для питания его электродвигателя.

С выхода блока БЛ-20 поступают нестабилизированные напряжения 8 и 9 В на вход блока БЛ-13, где из напряжения 8 В будет получено стабилизированное напряжение 5 В, а напряжение 9 В используется в качестве напряжения управления этого блока, а также 15 и 32 В, поступающие на вход блока БЛ-15, где из напряжения 32 В будет получено стабилизированное напряжение 24 В, а напряжение 15 В используется в качестве напряжения управления в блоке БЛ-15.

Кроме того, блок БЛ-20 формирует нестабилизированное напряжение 24 В для питания термостата БЛ-6 стойки СТ-4.

При прекращении подачи напряжения 220 В блоки БЛ-13 и БЛ-15 питаются напряжением 24 В, поступающим от стойки СТ-8.

Блоки стойки СТ-5 имеют токовую защиту плавкими предохранителями.

Стойка электропитания СТ-9 предназначена для заряда аккумуляторных батарей АМЦП.

В состав стойки СТ-9 входят следующие блоки: блок зарядного устройства БЛ-27 с выходным напряжением 25—30 В; блок зарядного устройства БЛ-28 с выходными напряжениями 7—10 В и стабилизированным напряжением 6 В для питания ДМК; два резервных блока БЛ-13 и БЛ-15. С помощью переключателя ЗАРЯД. АККУМ. 24В блока БЛ-27 коммутируется зарядная цепь одной из двух групп аккумуляторных батарей 1АБ24В или 2АБ24В, а переключателем ЗАРЯД, АККУМ. 7,2В блока БЛ-28 — одна из

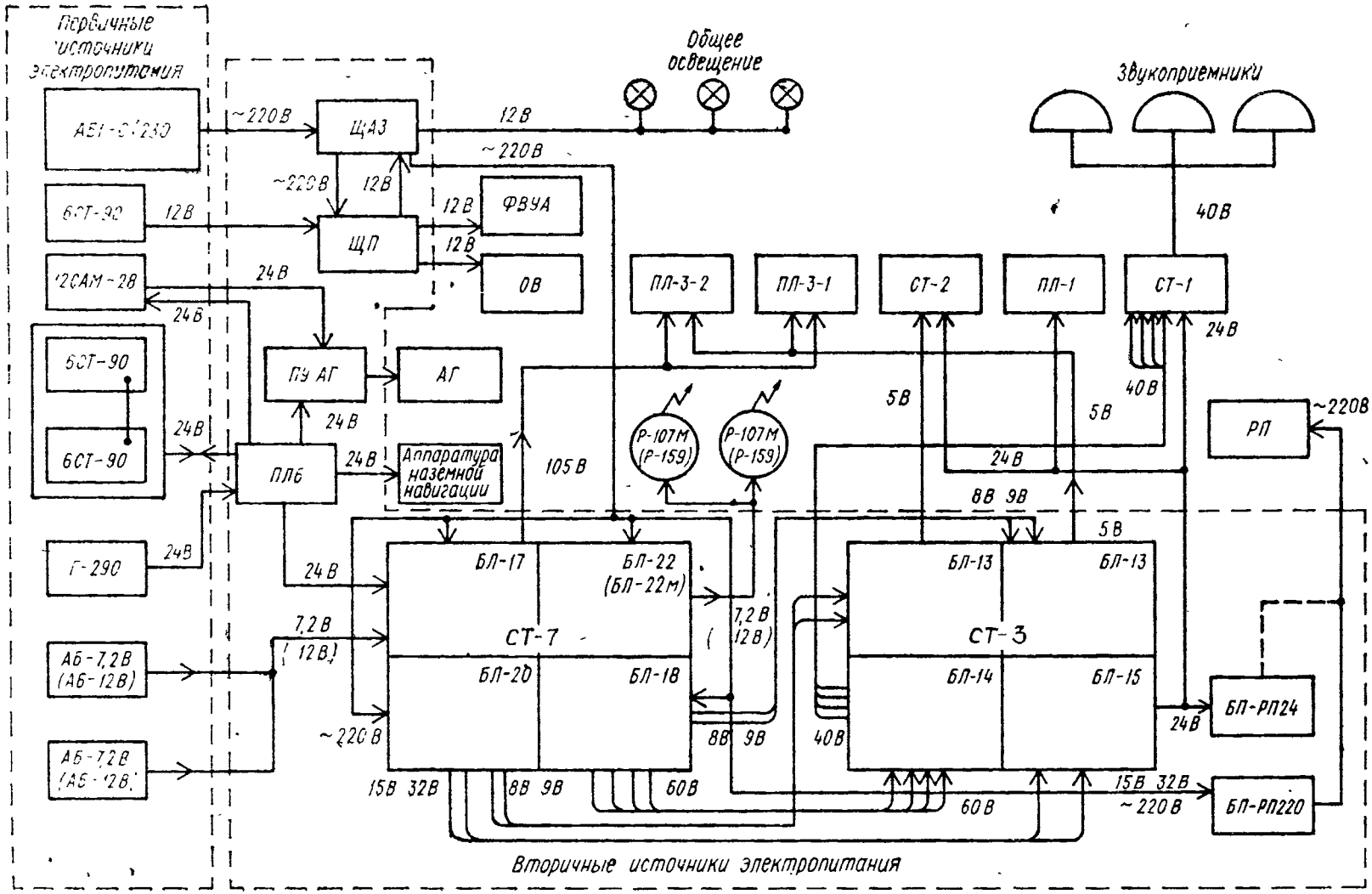


Рис. 7.24. Структурная схема электропитания машины базного пункта

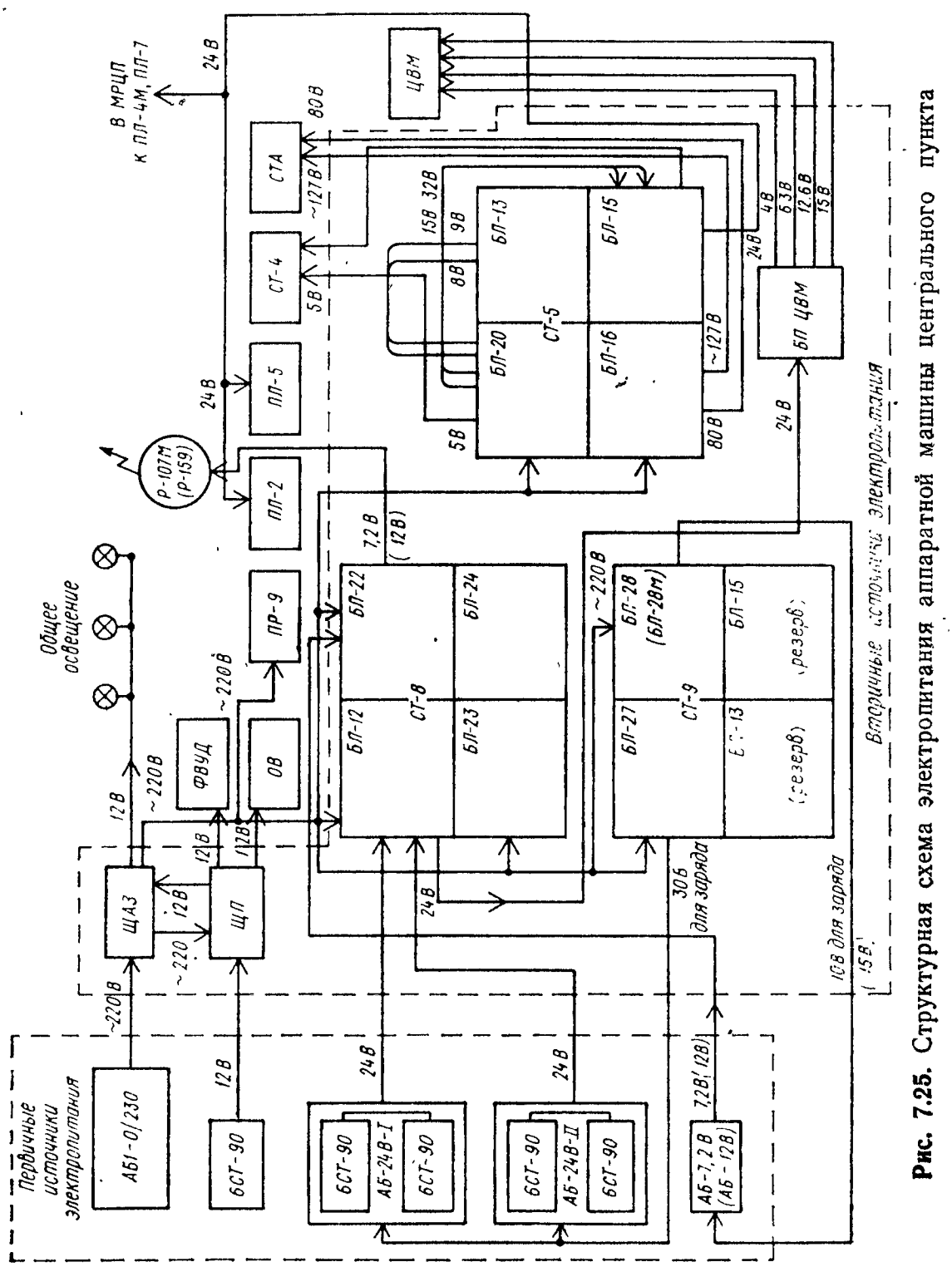


Рис. 7.25. Структурная схема электропитания аппаратной машины центрального пункта

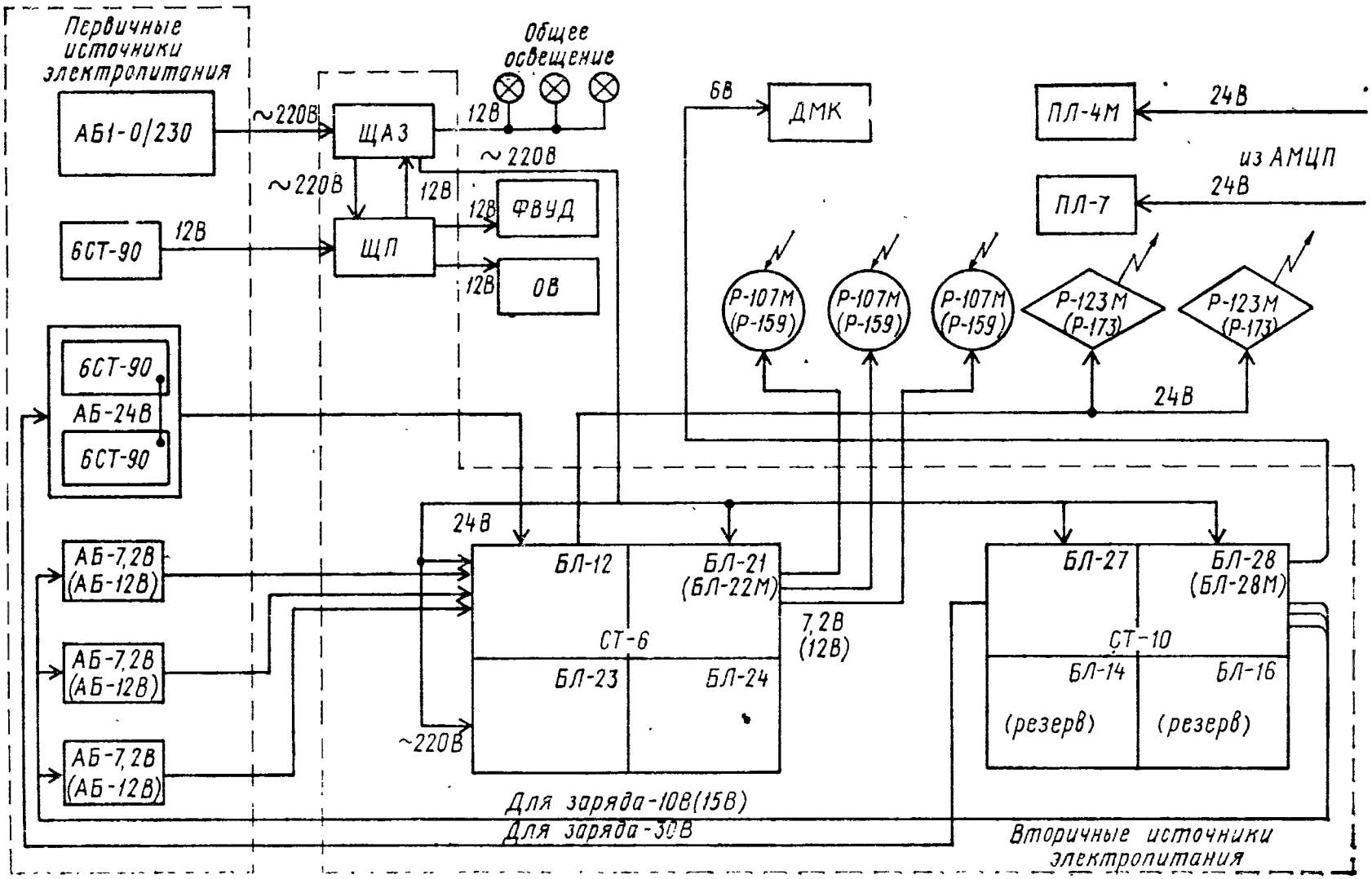


Рис. 7.26. Структурная схема электропитания машины радиосвязи центрального пункта

трех групп щелочных аккумуляторов 2НКП-24, соединенных последовательно.

Блок питания 1Э18 ЦВМ предназначен для питания ЦВМ 1В57 необходимыми стабилизированными напряжениями. Он состоит из четырех отдельных стабилизаторов напряжений 4; 6,3; 12 и 15 В, схемы защиты и управления. Предусмотрена возможность дистанционного включения и отключения блока с пульта ЦВМ 1В57. Контроль значений выходных напряжений производится переносным вольтметром, подключаемым к контрольным гнездам, расположенным на лицевой панели блока, сигнализация о наличии выходных напряжений осуществляется с помощью ламп, включенных на выходе каждого канала. Регулировка выходных напряжений осуществляется с помощью регулировочных потенциометров каналов.

Стойка питания СТ-6 предназначена для обеспечения радиостанций Р-123М и трех радиостанций Р-107М необходимыми питающими напряжениями.

В состав стойки СТ-6 входят следующие блоки: блок коммутации первичных источников питания БЛ-12, блок питания радиостанций Р-107М БЛ-21 с выходным напряжением по трем независимым каналам 8,2 В; блоки питания БЛ-23 и БЛ-24, работающие совместно и составляющие единый источник питания с выходным напряжением 27 В.

Принцип работы стойки СТ-6 аналогичен работе стойки СТ-8, так как они содержат, по существу, одинаковые блоки. Исключение составляет блок БЛ-21, в котором вырабатывается напряжение питания радиостанций Р-107М по трем каналам вместо двух каналов, как в БЛ-22.

Стойка электропитания СТ-10 предназначена для обеспечения питания десантного метеокомплекта и заряда аккумуляторных батарей МРЦП.

В состав стойки СТ-10 входят следующие блоки: блок зарядного устройства БЛ-27 с выходным напряжением 25—30 В, блок зарядного устройства БЛ-28 с выходным напряжением 7—10 В и стабилизированным напряжением 6 В для питания ДМК, два резервных блока БЛ-14 и БЛ-16.

Принцип работы стойки СТ-10 аналогичен работе стойки СТ-9.

Структурные электрические связи схем электропитания МБП, АМЦП и МРЦП приведены на рис. 7.24, 7.25 и 7.26.

Глава 8

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСА АЗК-7

8.1. Аппаратура приема и первичной обработки

Особенностями комплекса АЗК-7 является возможность работы в автоматическом режиме аппаратуры первичной обработки сигналов при неблагоприятных метеоусловиях и в условиях акустических помех. Применение современной элементной базы позволило существенно сократить массу и габаритные размеры аппаратуры базных пунктов, что способствует более оперативному развертыванию аппаратуры на местности, облегчает проведение маскировки и инженерного оборудования боевого порядка.

Структурная схема аппаратуры приема и первичной обработки базного пункта приведена на рис. 8.1. В состав аппаратуры входят три звукоприемника (приборы ПР-2Ц), прибор автоматической первичной обработки (ПР-3) и прибор связи (ПР-4).

Звукоприемники ПР-2Ц-2 и ПР-2Ц-3 образуют линейную акустическую базу, звукоприемник ПР-2Ц-1 выставляется перед звукоприемником ПР-2Ц-2 на 15—25 м и позволяет (совместно с ПР-2Ц-2) решать задачу определения направления прихода звуковой волны с «фронта» или «тыла», т. е. вести прием сигналов с заданного направления разведки.

Микрофоном каждого звукоприемника звуковые сигналы преобразуются в пропорциональные электрические сигналы и после предварительного усиления поступают в аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В АЦП после селекции сигналы, признанные полезными (от 8 до 120 Гц), разделяются на два частотных канала: первый канал — от 8 до 40 Гц, второй канал — от 8 до 120 Гц. Результатом обработки информации первого канала является цифровой фазоимпульсный модулированный сигнал, несущий полную информацию о полезном сигнале. В результате обработки информации в другом канале вырабатывается однофазный двоичный код, который несет информацию о наличии или отсутствии баллистической волны. Эти сигналы, спакетированные в дискретную посылку длительностью 2 мс, по двухпроводной линии связи длиной до 500 м поступают от звукоприемников в прибор связи ПР-4.

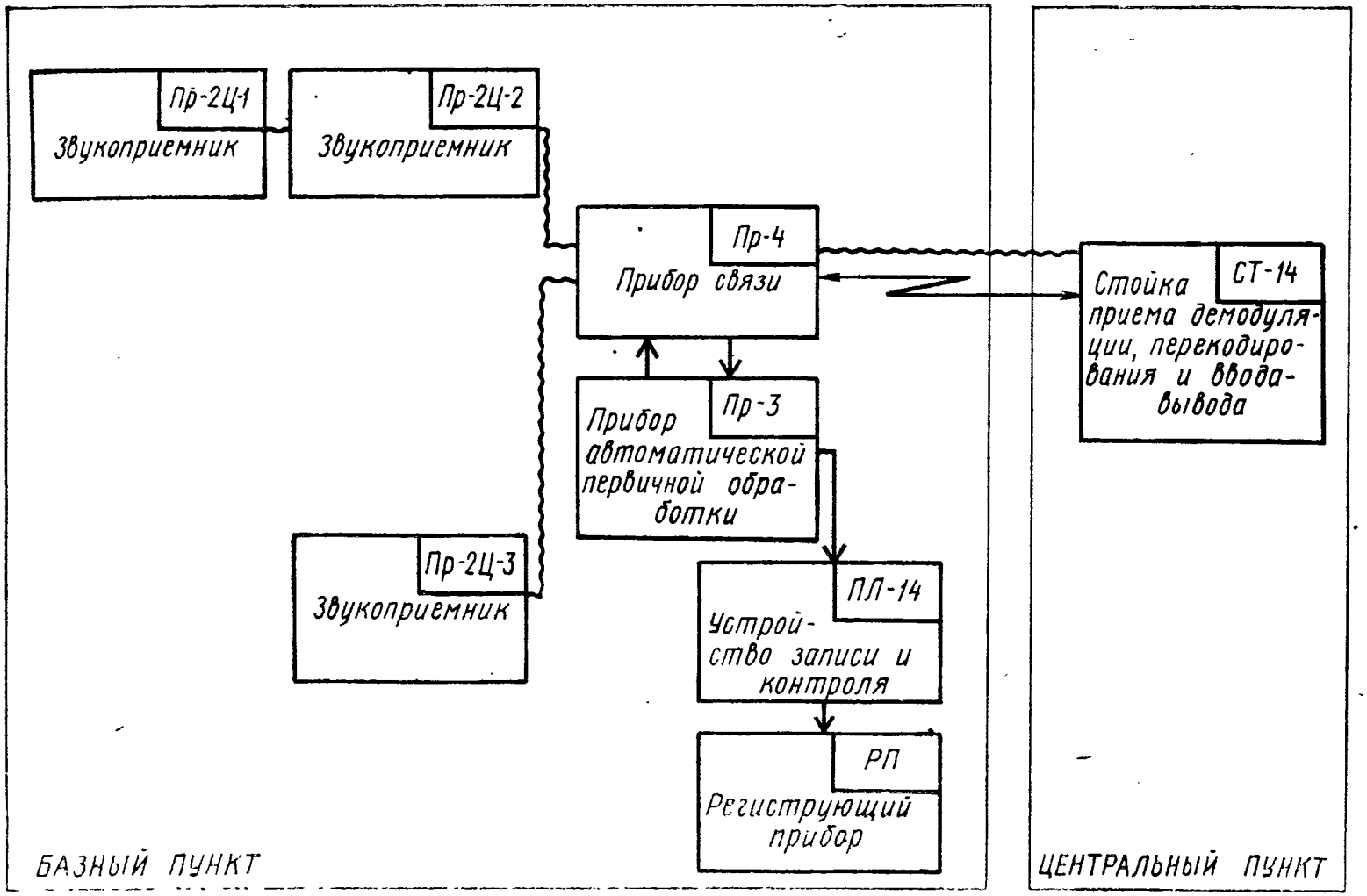


Рис. 8.1. Структурная схема аппаратуры приема и первичной обработки базного пункта

Дискретная посылка, формируемая звукоприемником ПР-2Ц-3, отличается от посылки прибора ПР-2Ц-2 отсутствием информации от звукоприемника ПР-2Ц-1.

Питание звукоприемников осуществляется от прибора связи ПР-4 постоянным напряжением (27±1,35) В по линии связи. По этой же линии передается информация, характеризующая коэффициент усиления сигналов звукоприемников.

Корпус прибора ПР-2Ц выполнен в виде двух полусфер, назначение которых аналогично назначению полусфер звукоприемников комплекса АЗК-5. Масса прибора — 10 кг, диаметр основания — 360 мм, высота — 202 мм.

Соединительная коробка прибора ПР-2Ц предназначена для подключения линий связи и установления номера канала, в котором работает прибор.

Первичная обработка осуществляется в приборе автоматической первичной обработки ПР-3. Дискретные посылки от звукоприемников транзитом через прибор связи поступают в прибор ПР-3, где из них выделяется информация о звуковом сигнале выстрела (разрыва), обрабатываемая порогово-корреляционным методом.

Обработка сигналов порогово-корреляционным методом заключается в следующем. Принятые сигналы подвергаются амплитудному анализу с помощью девяти уровней (порогов). По двум низшим уровням определяется величина соотношения сигнал/шум прибора. Если это соотношение менее (более) трех, вырабатывается сигнал об увеличении (уменьшении) усиления приемного тракта. Общий для всех звукоприемников коэффициент усиления передается от ПР-3 к приборам ПР-2Ц. При пересечении сигналами последующих порогов, обнаружительного и измерительного, на время прохождения сигнала обеспечивается неизменный коэффициент усиления звукоприемников и измеряется величина амплитуды. Путем анализа частоты сигналов по числу пересечений сигналом нулевого уровня за определенное время определяется тип полезного сигнала, затем по признаку схожести сигналов по форме (амплитуде, частоте, периоду) формируются пары сигналов, принадлежащих одному источнику звука. Чем большее число признаков формы данной пары сигналов совпадают, тем выше ее класс. Существует девять классов оценки пар. Пары восьмого и девятого классов получают право на автоматическую передачу выходной информации результатов первичной обработки. Остальные классы подвергаются анализу с учетом поступления следующей пары сигналов.

Если при анализе сигналов, образующих пару, оказалось, что они разного типа, такие сигналы подвергаются корреляционной обработке.

Корреляционная обработка сигналов производится узлом корелятора прибора ПР-3, предназначенного для определения временной поправки, обусловленной ошибкой при обработке пары сигналов пороговым методом. Принцип действия корелятора ос-

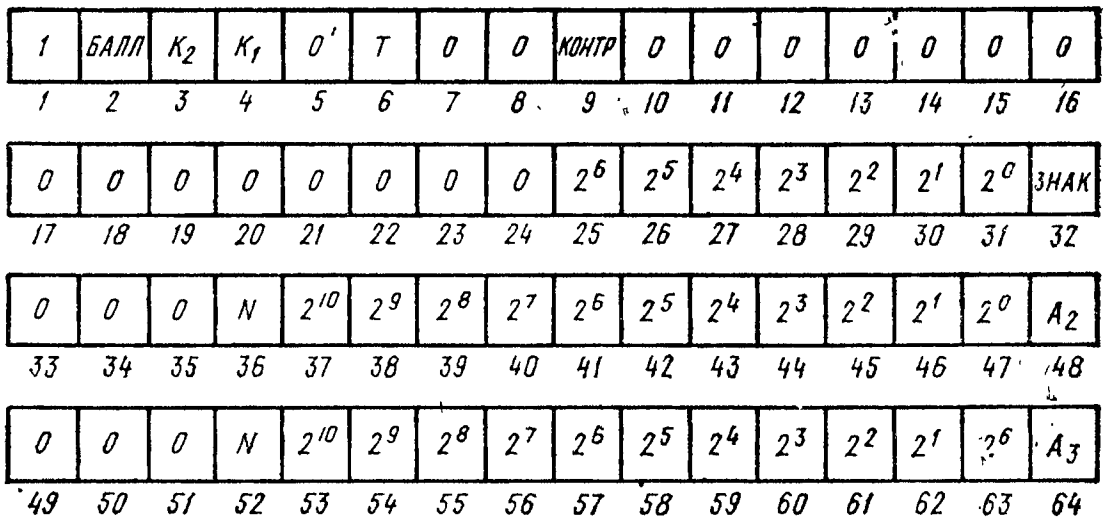


Рис. 8.2. Кодограмма о результатах обработки группы сигналов:

1, 7, 8, 10—24, 33—35, 49—51 — синхрослово; *2* — признак наличия сигнала баллистической волны на 10-секундном интервале до прихода дульной волны; *3, 4* — признак качества принятых сигналов; *5* — признак дульной волны; *6* — признак отметки фронт — тыл, *9* — характер передаваемой кодограммы (работа — контроль); *25—31* — абсолютная величина поправки коррелятора; *32* — признак знака поправки коррелятора; *36—52* — признак неисправности звукоприемников или линий связи между ними и прибором ПР-3; *37—47* — время обработки 3-го канала T_3; *53—63* — время обработки 2-го канала T_2; *48, 64* — адрес передаваемой пары сигналов

нован на выявлении момента максимального совпадения сигналов пары при сдвиге их влево и вправо один относительно другого на 128 временны́х интервалов по 2 мс каждый. В результате такой обработки определяется функция взаимной корреляции. Максимальное значение функции является временно́й поправкой ($\Delta\tau$) обработки сигналов пороговым методом, которая численно равна сумме произведений значения сигналов за каждый шаг перемещения.

Выходной информацией обработки сигналов порогово-корреляционным методом является время обработки. Время обработки — это время, прошедшее с момента подхода звуковой волны к звукоприемникам линейной базы до момента передачи результатов обработки пары сигналов в составе выходной кодограммы первичной обработки. Разница времен обработки (с учетом поправки коррелятора) используется в ходе вторичной обработки для определения звукового пеленга.

Кодограмма результатов первичной обработки (рис. 8.2) формируется прибором ПР-3 и передается прибором связи ПР-4 по проводным линиям связи или радиоканалу в аппаратную машину центрального пункта методом относительно-фазовой модуляции.

Питание ПР-3 осуществляется от прибора ПР-4 напряжением постоянного тока 7 В. Потребляемая мощность — 0,7 Вт. Масса прибора — 15 кг. Габаритные размеры 430×300×190 мм.

Вспомогательными устройствами аппаратуры первичной обработки являются устройство записи и контроля — пульт ПЛ-14 и регистрирующий прибор 1Б28.

Пульт ПЛ-14 предназначен для выполнения следующих функций:

генерации контрольных сигналов проверки работоспособности звукоприемников и прибора автоматической первичной обработки;

записи выходной кодограммы результатов первичной обработки в ОЗУ и индикации ее на цифровое табло;

формирования сигналов для записи на ленте регистрирующего прибора результатов первичной обработки;

ручного регулирования чувствительности приемного тракта звуковых сигналов.

В ходе ведения разведки пульт ПЛ-14 и регистрирующий прибор могут быть использованы для оперативного контроля за правильностью автоматической первичной обработки принимаемых сигналов. При этом результаты первичной обработки считываются с индикаторного цифрового табло пульта ПЛ-14 или определяются по ленте регистрирующего прибора. Полученные данные используются для вторичной обработки информации в аварийном (ручном) режиме работы комплекса.

8.2. Аппаратура вторичной обработки

Аппаратура вторичной обработки комплекса АЗК-7 включает:

стойку приема, демодуляции, перекодирования и ввода-вывода СТ-14;

цифровую электронно-вычислительную машину 1В57;

пульт ПЛ-8;

телеграфный аппарат ЛТА-8.

В связи с тем что программное обеспечение вторичной обработки не претерпело изменений по отношению к комплексу АЗК-5, аппаратура, осуществляющая этот процесс, в основном осталась такой же, как и в ранее рассмотренном автоматизированном комплексе. Однако, так как содержание кодограммы результатов первичной обработки в комплексе АЗК-7 существенно отличается от содержания аналогичного результата в комплексе АЗК-5, потребовались конструктивные изменения в аппаратуре ввода данных в ЦВМ.

Операцию перекодировки, т. е. такое преобразование информации, пришедшей с базных пунктов, которое позволило бы работать с устройством ввода-вывода в ЦВМ без изменения алгоритма, принятого в комплексе АЗК-5, выполняет стойка СТ-14. В этой же стойке осуществляется синхронизация технических сигналов первичной обработки, что освобождает операторов от установления единого времени работы комплекса.

Технические и служебные сигналы с трех базных пунктов поступают в блоки БЛ-32 стойки СТ-14, где происходит их частотное разделение на служебные — от 300 до 2300 Гц и технические — от 2900 до 5100 Гц. Служебный сигнал через двунаправленный фильтр низкой частоты поступает на пульт связи ПЛ-12 к усилителю низкой частоты и динамику. Двунаправленность фильтра

низкой частоты позволяет осуществлять служебную связь с ПЛ-12 с каждым базным пунктом.

Технический сигнал в блоке БЛ-32 усиливается, демодулируется и поступает на ОЗУ узла дешифрирования, где определяется начало кодограммы и содержание ее первых 24 символов. Если в 5-м (6-м) бите кодограммы присутствует сигнал, соответствующий логической единице — признак баллистической волны (сигнал принят из «тыла»), решающее устройство дешифратора не вырабатывает сигнал для дальнейшей обработки кодограммы.

Кодограммы, имеющие сигнал логического нуля в указанных битах, поступают в узел управления, где выделяется информация о времени обработки сигналов, поступивших от звукоприемников линейной базы, и им присваивается номер группы (от 1 до 18). Данная информация поступает в счетчик времени устройства перекодирования, где определяется астрономическое, точное (ТВ) и грубое время (ГВ) прихода звуковых сигналов к звукоприемникам линейной базы. Таким образом производится перекодировка формата кодограммы в вид, необходимый для ввода ее в ЦВМ 1В57.

Весь дальнейший алгоритм вторичной обработки информации полностью совпадает с аналогичным процессом в комплексе АЗК-5.

8.3. Техническая связь комплекса

В комплексе АЗК-7 технические сигналы передаются на центральный пункт по трем самостоятельным радионаправлениям. Каждый прибор связи ПР-4 имеет два встроенных одночастотных радиопередатчика. В зависимости от частоты предусмотрены три варианта исполнения прибора ПР-4:

в машине правого базного пункта — передатчики с частотами 45,000 и 44,850 МГц;

в машине среднего базного пункта — передатчики с частотами 44,950 и 44,800 МГц;

в машине левого базного пункта — передатчики с частотами 44,900 и 44,750 МГц.

Включение того или другого передатчика осуществляется выключателями РПД1 и РПД2 соответственно, расположенными на верхней панели прибора.

Радиоприемники технической связи расположены в аппаратной машине центрального пункта (коробка КС — ФРПУ). Выходные устройства радиоприемников подключены к стойке СТ-14, кроме того, к выходному устройству каждого радиоприемника подключен делитель с телефоном для прослушивания поступающего технического сигнала. На лицевой панели коробки КС — ФРПУ установлены переключатели диапазонов радиоприемников, выключатели телефонов для прослушивания и контрольные гнезда. Дальность технической радиосвязи — до 6 км.

При работе комплекса на проводных линиях связи технические сигналы передаются совместно с сигналами служебной связи.

При выходе из строя проводной линии связи узел управления передатчиками прибора ПР-4 через 1,026 с устанавливает радиосвязь с аппаратной машиной центрального пункта. При восстановлении проводной линии связи через 1,23 с происходит отключение радиопередатчика.

Прибор ПР-4 имеет массу — 16,5 кг, размеры 450×316×243 мм.

8.4. Средства электропитания комплекса

Первичные источники электропитания базных пунктов комплекса АЗК-7 такие же, как и комплекса АЗК-5. Для питания аппаратуры базного пункта в выносном варианте предназначена аккумуляторная батарея 6СТ-50-ЭМ мощностью 50 А/ч, напряжением 12 В.

Вторичными источниками питания являются:

стойка питания СТ-12, предназначенная для питания аппаратуры первичной обработки и радиостанции при работе в кузове автомашины базного пункта;

коробка КРП-6 для ручного и автоматического переключения аппаратуры с основной сети на аварийные источники питания для подзаряда аккумуляторных батарей.

Основными первичными источниками электропитания аппаратной машины центрального пункта служат два бензоагрегата АБ-1-0/230. Резервными (аварийными) первичными источниками электропитания являются две группы последовательно соединенных аккумуляторных батарей 6СТ-90ЭМ, три группы из двух параллельно соединенных аккумуляторных щелочных батарей для питания радиостанции, кузовная аккумуляторная батарея 6СТ-90ЭМ и генератор Г-290.

Вторичными источниками электропитания являются стойки СТ-5М, СТ-8М, СТ-11 и щит питания ЩП, предназначение которых такое же, как и стоек питания аппаратной машины центрального пункта комплекса АЗК-5.

Глава 9

АППАРАТУРА ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

9.1. Фильтровентиляционная установка автомобиля

Фильтровентиляционная установка автомобиля (ФВУА) устанавливается на каждом автомобиле звукометрического комплекса и предназначается для защиты личного состава и оборудования от радиоактивной пыли, отравляющих веществ и бактериальных средств.

ФВУА имеет производительность 100 м³/ч. Напряжение питания — 12 В постоянного тока, напор на выходе установки — не менее 30 кгс/м².

В состав фильтровентиляционной установки входят предварительный фильтр, фильтр-поглотитель, электровентилятор, фильтр радиопомех и щит контроля.

Принцип работы установки заключается в следующем. Наружный воздух с помощью электровентилятора протягивается через предварительный фильтр, где очищается от грубодисперсной пыли и поступает в фильтр-поглотитель, где очищается от отравляющих веществ. В последующем по воздуховоду очищенный воздух направляется в герметизированный кузов автомобиля, в котором устанавливается некоторое избыточное давление относительно атмосферного, что исключает проникновение из атмосферы в кузов пыли, отравляющих веществ и бактериальных средств.

Фильтр радиопомех предназначен для защиты радиоаппаратуры от помех, создаваемых электродвигателем вентилятора.

Щит контроля представляет собой панель, на которой смонтированы дифманометр-напоромер, автомат защиты сети, контактный разъем для подключения электровентилятора к сети электропитания, таблица пересчета показаний дифманометра-напоромера на производительность установки и кран переключения.

При установке ручки крана переключения в положение ПОДПОР дифманометр-напоромер показывает значение избыточного давления воздуха в кузове в килограмм-силах на квадратный метр, а при установке ручки крана в положение ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ дифманометр-напоромер показывает избыточное давление воздуха на выходе установки. С помощью таблицы пересчета определяется производительность установки.

Включение установки производят в следующем порядке:

устанавливают ручку крана переключения в положение ПОДПОР;

открывают клапан избыточного давления;

включают электровентилятор с помощью автомата защиты сети;

открывают заглушку воздуховода до отказа;

закрывают плотно двери, люки, окна кузова, кроме клапана избыточного давления и воздуховода установки;

устанавливают с помощью клапана избыточного давления необходимый подпор в кузове.

Для выключения установки выключают электровентилятор и закрывают заглушку на выходном воздуховоде до упора.

9.2. Отопитель вентиляционный

Отопитель вентиляционный предназначен для обогрева или вентиляции автомобильного кузова (в зависимости от времени года). Отопитель работает независимо от двигателя автомобиля и поэтому может быть использован как при движении, так и на стоянке.

Отопитель конструктивно выполнен в виде цилиндрического кожуха, внутри которого расположены двухрежимный электродвигатель вентилятора подачи воздуха для нагрева и теплообменник. Внутри теплообменника размещены топливный насос, нагнетатель воздуха, распылитель, камера сгорания со свечой накаливания, диффузор и камера догорания. Отопитель снабжен датчиками сигнализации горения и перегрева, а также щитом управления отопительной установкой.

Основные технические данные отопителя

Режимы работы	Полный	Частичный
Теплопроизводительность, Вт/ч	7560	4650
Количество подогреваемого воздуха, м³/ч	250	150
Температура подогреваемого воздуха, град	95	95
Расход топлива, л/ч	1,2	0,8
Мощность, потребляемая электродвигателем, Вт	132	78
Род тока	Постоянный	
Напряжение питания, В	12 или 24	
Топливо при температуре воздуха:		
выше 0° С	Летнее дизельное	
от 0 до —30° С	Зимнее дизельное	
ниже —30° С	Арктическое дизельное	
Масса, кг	19,5	

Пуск отопителя вентиляционного осуществляется на частичном режиме в следующем порядке:

проверяют наличие топлива в баке, открывают запорный кран системы питания отопителя;

устанавливают рычажок на корпусе отопителя в положение ОТОПЛЕНИЕ;

включают цепь свечи накаливания на щитке управления, при этом контрольная спираль должна накалиться до ярко-красного цвета;

включают электродвигатель на частичный режим работы, установив переключатель в положение 1/2;

через 30 с после включения электродвигателя выключают свечу накаливания;

если в течение 3 мин после включения электродвигателя не загорится контрольная лампа, пуск повторяют;

по истечении 10—15 мин работы отопителя на частичном режиме при достижении устойчивого горения топлива отопитель переводят на полный режим, установив переключатель в положение 1;

перед выключением отопителя перекрывают кран подачи топлива и, дав ему поработать 2—3 мин в режиме отопления, переводят в режим вентиляции;

после того как погаснет контрольная лампа выключают электродвигатель, установив переключатель в положение 0.

9.3. Приборы дозиметрического контроля и химической разведки

Дозиметрический прибор

Дозиметрический прибор представляет собой измеритель мощности дозы (рентгенметр), предназначенный для измерения уровней гамма-радиации и радиоактивного заражения различных предметов по гамма-излучению. Кроме того, прибор позволяет обнаружить бета-излучения. Мощность дозы гамма-излучения определяется в миллирентгенах или в рентгенах в час.

В состав комплекта прибора входят собственно прибор в футляре с ремнями, удлинительная штанга, делитель напряжения, телефонный наушник, комплект запасного имущества, комплект эксплуатационной документации и укладочный ящик.

На внутренней стороне крышки футляра изложены правила пользования прибором, находится таблица допустимых величин зараженности некоторых предметов и прикреплен контрольный источник «излучения» для проверки работоспособности прибора.

Удлинительная штанга служит для удобства работы с зондом. Ее раздвижное устройство позволяет изменять свою длину в пределах 45—72 см.

Делитель напряжения позволяет осуществлять питание прибора постоянным током напряжением 3; 6 или 12 В в зависимости от положения двух пружинных контактов. Он снабжен кабелем длиной 10 м для возможности подключения к внешнему источнику питания (аккумуляторной батарее автомобиля).

Собственно прибор состоит из измерительного пульта и зонда, соединенного с пультом гибким кабелем длиной 1,2 м. На лицевую панель пульта выведены выключатель подсветки шкалы мик-

роамперметра, шкала микроамперметра, переключатель поддиапазонов, кнопка сброса показаний.

Прибор имеет шесть поддиапазонов измерений в пределах от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Положения органов управления и пределы измерения

Поддиапазоны	Положение ручки переключателя	Шкала	Единицы измерения	Пределы измерений
I	200	0—200	Р/ч	5—200
II	×1000	0—5	мР/ч	500—5000
III	×100	0—5	мР/ч	50—500
IV	×10	0—5	мР/ч	5—50
V	×1	0—5	мР/ч	0,5—5
VI	×0,1	0—5	мР/ч	0,05—0,5

Дозиметрический прибор обеспечивает звуковую индикацию на всех диапазонах, кроме первого. Питание прибора осуществляется от трех элементов типа КБ-1. Первый из них используется только для подсветки шкалы при работе в ночных условиях или от внешнего источника постоянного тока напряжением 6 или 12 В.

Принцип работы прибора заключается в следующем. Под воздействием бета-частиц или гамма-квантов газоразрядные счетчики, входящие в состав прибора, выделяют импульсы электрического тока, которые после усиления регистрируются микроамперметром. Усредненный ток этих импульсов пропорционален средней мощности экспозиционной дозы гамма-бета-излучения.

При подготовке прибора к работе:

— вынимают прибор из укладочного ящика и открывают крышку футляра;

— устанавливают корректором стрелку микроамперметра на 0 шкалы;

— вращают ручку РЕЖИМ против хода часовой стрелки до упора;

— подключают источник питания;

— включают прибор, установив ручку переключателя поддиапазонов в положение РЕЖ.;

— устанавливают стрелку микроамперметра на метку шкалы, плавно вращая ручку потенциометра РЕЖ. по ходу часовой стрелки;

— включают (при необходимости) подсветку шкалы;

— проверяют работоспособность прибора на всех поддиапазонах, кроме первого, с помощью контрольного источника, для чего:

открывают контрольный источник;

устанавливают экран зонда в положение «Б»;

устанавливают зонд так, чтобы источник находился против окна;

подключают телефонный наушник и прослушивают щелчки в них;

сравнивают показание прибора на IV поддиапазоне со значением, записанным в формуляр прибора при последней проверке градуировки;

нажимают кнопку СБРОС, при этом стрелка прибора должна установиться на нулевой отметке шкалы;

устанавливают ручку переключателя поддиапазонов в положение РЕЖ.

Прибор к работе готов.

При измерении гамма-излучения:

устанавливают экран зонда в положение «Г»;

включают один из поддиапазонов, на котором стрелка прибора заняла бы положение в пределах шкалы, и считывают показания прибора.

Определение заражения радиоактивными веществами поверхности тела, одежды и т. д. проводится путем измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения от этих объектов на расстоянии 1—1,5 см.

При обнаружении бета-излучений:

устанавливают экран зонда в положение «Б»;

подносят зонд к обследуемой поверхности на удаление 1—1,5 см;

устанавливают ручку переключателя поддиапазонов в одно из положений, при котором стрелка прибора находилась бы в пределах шкалы;

считывают показания прибора.

В этом случае измеряется мощность дозы суммарного бета-гамма-излучения. Увеличение показаний прибора на одном и том же поддиапазоне по сравнению с гамма-измерением указывает на наличие бета-излучения.

После окончания работы прибор выключают.

Войсковой прибор химической разведки

Войсковой прибор химической разведки предназначен для определения в воздухе, на местности и боевой технике зарина, зомана, иприта, фосгена, дифосгена, синильной кислоты, хлорциана, а также V-газов в воздухе.

Прибор состоит из корпуса с крышкой и размещенных в них насоса, бумажных кассет с индикаторными трубками, противодымных фильтров, насадки к насосу, защитных колпачков, электрофонаря, корпуса грелки и патронов к ней. Кроме того, в комплект прибора входит лопатка. Масса прибора — около 2,3 кг.

Насос поршневой, применяется для прокачивания исследуемого воздуха через индикаторные трубки.

Кассета служит для размещения десяти индикаторных трубок с одинаковой маркировкой. На лицевой стороне кассеты наклеена

этикетка с изображением окраски, возникающей на наполнителе индикаторной трубки при наличии в воздухе соответствующего отравляющего вещества.

Индикаторные трубки предназначены для определения отравляющих веществ и представляют собой запаянные стеклянные трубки, внутри которых помещены наполнитель и одна или две стеклянные ампулы с реактивами. Трубки имеют следующую маркировку:

красное кольцо и красная точка — для определения зарина, зомана и V-газов;

три зеленых кольца — для определения фосгена, дифосгена, синильной кислоты и хлорциана;

одно желтое кольцо — для определения иприта. Трубка ампул не имеет.

Противодымные фильтры используют для определения отравляющих веществ в дыму или в воздухе, содержащем пары веществ кислого характера, а также при определении наличия отравляющих веществ в почве или сыпучих материалах.

Защитные колпачки служат для предохранения внутренней поверхности воронки насадки от заражения каплями стойких отравляющих веществ и для помещения проб почвы и сыпучих материалов.

Грелка служит для подогрева трубок при определении отравляющих веществ в условиях понижения температуры окружающего воздуха от +15 до —40° С.

Принцип работы прибора заключается в следующем. Через вскрытую трубку прокачивают с помощью поршневого насоса воздух. При наличии в нем отравляющих веществ наполнитель изменяет окраску, которую сличают с окраской контрольной этикетки и таким образом определяют вид отравляющего вещества и степень заражения.

Работу по определению заражения отравляющими веществами ведут в такой последовательности. Вначале применяют трубку с красным кольцом и точкой, затем трубку с тремя зелеными кольцами и завершают работу трубкой с желтым кольцом.

Порядок работы с трубками, помеченными красным кольцом и точкой.

Для определения наличия в воздухе опасных концентраций отравляющих веществ:

извлекают из кассеты две индикаторные трубки, надпиливают их концы и вскрывают по надпилам;

разбивают ампуловскрывателем верхние части ампулы обеих трубок и держа трубки за концы с маркировкой встряхивают их одновременно 2—3 раза;

вставляют одну из трубок (опытную) немаркированным концом в насос и 5—6 раз прокачивают воздух, через вторую (контрольную) трубку воздух не прокачивают;

вскрывают нижнюю ампулу в опытной трубке и, встряхнув 1—2 раза так, чтобы полностью смочить слой наполнителя, сразу

же после этого разбивают нижнюю ампулу в контрольной трубке и также встряхивают ее;

наблюдают за переходом окраски в контрольной трубке от красной до желтой; к моменту образования желтой окраски в контрольной трубке сохранение красного цвета слоя наполнителя опытной трубки указывает на наличие отравляющих веществ в опасных концентрациях, изменение цвета до желтого — на отсутствие отравляющих веществ в концентрациях, представляющих опасность.

При определении отравляющих веществ в малоопасных концентрациях порядок работы тот же, за исключением того, что нижние ампулы разбивают не сразу, а через 2—3 мин после 50—60 качаний насосом. К моменту образования желтой окраски в контрольной трубке сохранение красного цвета слоя наполнителя опытной трубки указывает на наличие отравляющих веществ в концентрациях, опасных при нахождении свыше 10 мин без противогаза, изменение цвета до желтого или розово-оранжевого указывает на отсутствие отравляющих веществ в малоопасных концентрациях.

Основанием для снятия противогаза на 5—6 ч является отсутствие показаний трубки при 50—60 качаниях насосом.

Порядок работы с трубкой, маркированной тремя зелеными кольцами:

вскрывают трубку, разбивают ампулу и производят 10—15 качаний насосом;

сравнивают окраску наполнителя трубки с окраской, изображенной на этикетке кассеты, и делают вывод о степени зараженности.

Определение отравляющих веществ с помощью трубки, помеченной желтым кольцом, осуществляется в такой последовательности:

вскрывают трубку, вставляют в насос и производят 50—60 качаний;

вынимают трубку из насоса, выдерживают 1 мин, сравнивают окраску наполнителя с окраской, изображенной на этикетке кассеты, и делают вывод о степени зараженности.

9.4. Имитатор звукометрических сигналов

Имитатор звукометрических сигналов (прибор ПР-9) является электронным устройством, предназначенным для формирования электрических сигналов, аналогичных сигналам, поступающим от звукоприемников после приема ими звуков выстрелов орудий (разрывов снарядов). Имитатор используется для обучения личного состава подразделения звуковой разведки, а также для проверки функционирования аппаратуры звукометрических комплексов. При этом нет необходимости следовать в район проведения занятий, развертываться в боевой порядок, организовывать боевую работу артиллерийских подразделений или имитационных

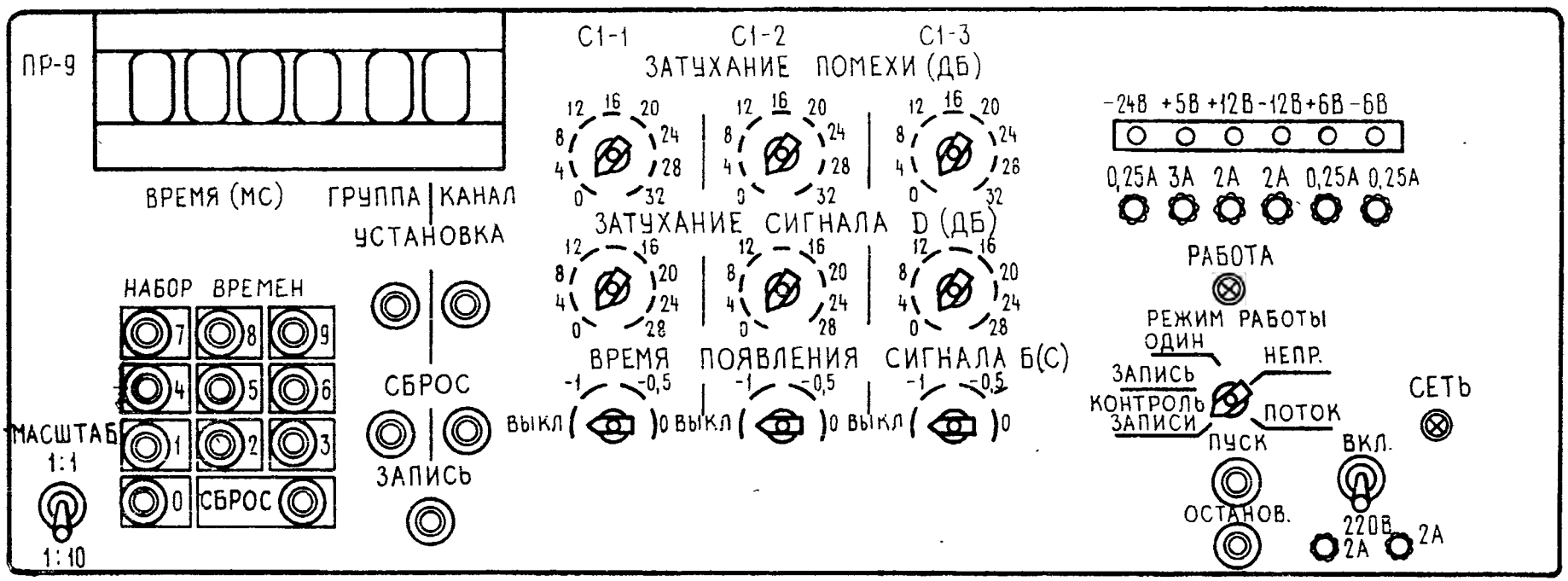


Рис. 9.1. Панель имитатора звукометрических сигналов

команд и устанавливать с ними взаимодействие. В результате значительно экономятся моторесурсы подразделений и материальные средства.

Прибор ПР-9 (рис. 9.1) выполнен в виде настольного пульта, внешне напоминающего пульт связи ПЛ-2. Питание прибора ПР-9 осуществляется переменным током напряжением 220 В. Потребляемая мощность — 70 Вт.

Принцип работы прибора ПР-9 заключается в следующем. Руководитель занятия (командир подразделения звуковой разведки) определяет значения времен прихода акустических сигналов от имитируемых целей (до десяти) к звукоприемникам базных пунктов в системе единого времени путем решения обратной звукометрической задачи с помощью ЦВМ звукометрического комплекса. В последующем эти значения времен вводятся в прибор ПР-9, оперативно-запоминающее устройство которого может хранить введенную информацию до ее обновления руководителем занятия или до выключения прибора. Сформированные прибором ПР-9 электрические сигналы поступают по специальному кабелю ко всем звукоприемникам, развертываемым базными пунктами для боевой работы, через контактные разъемы технологических заглушек, а в последующем — через всю аппаратуру звукометрического комплекса согласно его функциональной схеме. Очевидно, что местом проведения занятия (тренировки) в этом случае может быть парк или отдельное хранилище.

Прибор ПР-9 формирует десять видов электрических сигналов типа «Д» (дульной волны), один вид сигнала типа «Б» (баллистической волны) и шумовой сигнал (сигнал помехи), уровень которых в зависимости от обученности личного состава подразделения звуковой разведки может изменяться руководителем занятия. При этом имитируемые сигналы баллистической волны могут опережать сигналы дульной волны на 1 или 0,5 с, совпадать по времени или отсутствовать вообще. Время проведения цикла имитации и ее порядок определяются руководителем занятия.

На лицевой панели прибора ПР-9 размещены следующие устройства и органы управления: цифровое табло, четыре левых разряда которого предназначены для индикации значений вводимых времен в миллисекундах; пятый слева индикатор определяет номер группы (номер имитируемой цели); шестая цифровая лампа указывает номер канала, т. е. порядковый номер звукоприемника в системе звукометрического комплекса:

1, 4, 7 — звукоприемники под номером первым (автоматические предупредители) соответственно правого, среднего и левого базных пунктов;

2, 5, 8 — звукоприемники под номером вторым (правые звукоприемники акустических баз) соответственно правого, среднего и левого базных пунктов;

3, 6, 9 — звукоприемники под номером третьим (левые звукоприемники акустических баз) соответственно правого, среднего и левого базных пунктов.

Кнопки наборного поля НАБОР ВРЕМЕН от 0 до 9 служат для набора времен по соответствующему каналу, кнопка СБРОС — для стирания ранее введенного значения времени по данному каналу. При последовательном нажатии кнопок наборного поля на цифровом табло индицируется соответствующая информация с последующим сдвигом разрядов вводимого числа влево.

Кнопка УСТАНОВКА номера группы служит для установки номера имитируемой цели, кнопка СБРОС номера группы используется для стирания установленного ранее значения номера имитируемой цели.

Кнопка УСТАНОВКА номера канала служит для установки номера звукоприемника в системе звукометрического комплекса (от 1 до 9), а кнопка СБРОС номера канала — для стирания ранее записанного номера канала (звукоприемника).

Кнопка ЗАПИСЬ используется для поканальной записи в оперативно-запоминающее устройство прибора ПР-9 значений времен для различных номеров имитируемых групп электрических сигналов (целей).

Переключатель МАСШТАБ служит для выбора масштаба времени. Если разность между минимальным значением любого из времен одного из базных пунктов и максимальным значением любого из времен другого базного пункта, т. е. время одного цикла работы имитатора, не превышает 10 с, переключатель МАСШТАБ необходимо установить в положение 1 : 1, в противном случае используют положение 1 : 10.

Переключатели ЗАТУХАНИЕ ПОМЕХИ (ДБ) служат для дискретной установки уровней шумовой помехи для каждого базного пункта в зависимости от степени обученности личного состава на каждом из них. Крайнему правому положению переключателей соответствует режим полного отсутствия помехи.

Переключатели ЗАТУХАНИЕ СИГНАЛА (ДБ) используют для дискретной установки уровней сигналов дульной волны для каждого базного пункта, причем полезный сигнал будет иметь бóльшую амплитуду при установке переключателей в левое крайнее положение.

Переключатели ВРЕМЯ ПОЯВЛЕНИЯ СИГНАЛА Б (С) предназначены для установки времени появления сигналов баллистической волны на каждом базном пункте. При установке этих переключателей в положение —1 баллистическая волна будет предшествовать сигналу дульной волны на 1 с, в положение —0,5 — на 0,5 с; в положение 0 — совпадать с ней; в положение ВЫКЛ.— отсутствовать вообще.

Шесть светодиодов сигнализируют об исправности цепей питающих напряжений, плавкие предохранители защищают эти цепи от перегрузок.

Сигнальная лампа РАБОТА загорается на время цикла имитации.

Переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ определяет режим работы имитатора. При установке его в положение КОНТРОЛЬ ЗАПИСИ,

последовательно нажимая кнопки УСТАНОВКА номера группы и номера канала, осуществляют контроль введенных ранее значений времен. Поканальная запись времен и номеров групп возможна только при установлении этого переключателя в положение ЗАПИСЬ. При установлении его в положение ОДИН прибор ПР-9 подготовит одну сформированную серию поканальных сигналов, номер которой установлен руководителем занятия (номер группы). Положение НЕПР. характеризует многократный повтор поканальных сигналов установленного номера группы. При установлении переключателя в положение ПОТОК имитатор последовательно формирует электрические сигналы всех записанных номеров групп (целей).

Нажатие кнопки ПУСК определяет время начала цикла имитации, а нажатие кнопки ОСТАНОВ возвращает схему прибора в исходное состояние.

Время повторения циклов формирования электрических сигналов при работе прибора ПР-9 в автоматическом режиме (НЕПР. или ПОТОК) определяется и устанавливается руководителем занятия. Оно может быть в пределах от 10 до 90 с при вводе по нулевому каналу прибора признака времени повторения циклов от 1 до 9 соответственно.

Сигнальная лампа СЕТЬ загорается после перевода сетевого выключателя 220 В — ВКЛ. в верхнее положение. Плавкие вставки предохраняют прибор от сетевых перегрузок.

Методика работы командира подразделения звуковой разведки при организации тренировки боевой работы личного состава с использованием имитатора ПР-9 заключается в следующем.

Для организации тренировки или занятия личного состава командир подразделения звуковой разведки определяет тему, учебные вопросы, порядок и время их отработки, разрабатывает необходимые графические документы: рабочую карту, план проведения имитации и др. В соответствии с темой намечает на карте места расположения огневых средств противника, места разрывов снарядов (для обслуживания стрельбы артиллерии) и определяет их координаты. Используя программу ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА, с помощью аппаратуры вторичной обработки информации вводит их в ЦВМ с клавиатуры СТА (ЛТА). В результате решения этих задач ЦВМ определяет по каждой паре введенных координат целей (разрывов снарядов) для каждого базного пункта времена ТВ2, ТВ3 и ТВ, например: С1-1 4286 4267 020 С1-2 2719 2852 020 С1-3 6866 7120 020. Известно, что штатной программой решения обратной звукометрической задачи определение значений ТВ1 не предусмотрено, однако эти значения необходимо вводить в имитатор по 1, 4 и 7-му каналам, так как сформированные по ним прибором ПР-9 электрические сигналы будут представлять собой сигналы пуска аппаратуры соответствующих базных пунктов. Очевидно, что сигналы пуска должны предшествовать сигналам от звукоприемников, образующих акустическую базу, т. е. значения ТВ1 в системе единого времени должны быть по абсолютной ве-

личине меньше меньшего из значений ТВ2 или ТВ3 на некоторое время. Для устойчивой работы аппаратуры базного пункта это время должно составлять не менее 0,5 с (500 мс). Для упрощения вычислений допускается округление времен по каналам предупредителей до 100 мс. В условиях нашего примера значения времен для ввода их в имитатор поканально составят:

1 — 3700	4 — 2200	7 — 6300
2 — 4286	5 — 2719	8 — 6866
3 — 4267	6 — 2852	9 — 7120

Для непосредственного ввода этих значений в имитатор выполняют следующие операции:

включают выключатель СЕТЬ;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение ЗАПИСЬ;

переводят выключатель МАСШТАБ в положение 1 : 1;

устанавливают кнопкой УСТАНОВКА номера группы цифру 1;

устанавливают кнопкой УСТАНОВКА номера канала цифру 1;

устанавливают кнопками наборного поля 3700;

нажимают кнопку ЗАПИСЬ;

устанавливают кнопкой УСТАНОВКА номера канала цифру 2;

устанавливают кнопками наборного поля 4286;

нажимают кнопку ЗАПИСЬ;

записывают аналогично необходимые значения по 3—9 каналам.

Для проверки правильности поканальной записи:

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение КОНТРОЛЬ ЗАПИСИ;

осуществляют контроль записи, изменяя номер канала последовательным нажатием кнопки УСТАНОВКА номера канала;

устанавливают (при необходимости) переключатели ЗАТУХАНИЕ ПОМЕХИ (ДБ), ЗАТУХАНИЕ СИГНАЛА (ДБ), ВРЕМЯ ПОЯВЛЕНИЯ СИГНАЛА Б (С) в требуемые положения;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение ОДИН;

нажимают кнопку ПУСК, при этом загорается лампа РАБОТА на время одного цикла имитации электрических сигналов, после чего лампа гаснет.

Таким образом, за время одного цикла работы прибора ПР-9 в этом режиме происходит формирование девяти электрических сигналов в системе единого времени с временными задержками в соответствии с решением ЦВМ обратной звукометрической задачи, которые поступают на базные пункты для их первичной обработки. В последующем в результате вторичной обработки инфор-

мации на центральном пункте подразделения звуковой разведки на ленте СТА (ЛТА) будут отпечатаны координаты имитируемой цели.

Для записи второй, третьей и т. д. целей необходимо, последовательно установив номера групп 2, 3 и т. д., аналогично осуществить поканальную запись значений времен по другим целям.

Глава 10

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЗВУКОМЕТРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ИХ ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

10.1. Виды и периодичность технического обслуживания комплексов

Система технического обслуживания и ремонта является планово-предупредительной и имеет целью поддержание аппаратуры звукометрических комплексов в технически исправном состоянии в период ее эксплуатации и хранения, обеспечение максимальных межремонтных сроков эксплуатации, а также своевременное выявление и устранение причин, вызывающих преждевременный износ и повреждения узлов и деталей аппаратуры.

Для выполнения этих задач для аппаратуры звукометрических комплексов, находящихся в эксплуатации, предусматриваются следующие виды технического обслуживания:

контрольный осмотр (КО);

ежедневное техническое обслуживание (ЕТО);

техническое обслуживание № 1 (ТО-1);

техническое обслуживание № 2 (ТО-2);

сезонное обслуживание (СО).

Три последних вида технического обслуживания (ТО-1, ТО-2 и СО) в мирное время являются плановыми. Если к началу очередного номерного технического обслуживания отдельные составные части звукометрического комплекса не достигли 50% установленной наработки, разрешается проводить вид технического обслуживания на одну ступень ниже.

Контрольный осмотр звукометрических комплексов проводится для проверки их технического состояния перед выполнением поставленной задачи: перед выходом из парка, занятиями, учениями, транспортированием, а также перед преодолением водной преграды. КО проводится силами расчетов с привлечением начальника контрольно-технического пункта. При этом обращается особое внимание на следующие элементы:

крепление аппаратуры внутри кузовов;

правильность функционирования отдельной аппаратуры и систем комплекса в целом;

исправность ходовой части, сцепных и стопорных устройств

походного крепления, тормозов, вспомогательного оборудования и приборов;

отсутствие течи эксплуатационных жидкостей;

наличие горючего и смазочных материалов.

Ежедневное техническое обслуживание предназначено для подготовки аппаратуры звукометрических комплексов к практическому использованию и проводится после боя, марша, занятий, транспортирования, а также после преодоления водных преград. ЕТО проводится силами расчетов в предусмотренные распорядком дня часы ухода за техникой и в паркохозяйственные дни. Если аппаратура звукометрических комплексов не использовалась, ЕТО проводят не реже одного раза в две недели. Работы по проведению ЕТО выполняют на площадках технического обслуживания подразделения звуковой разведки.

При проведении ЕТО:

очищают и просушивают чехлы, футляры и укладочные ящики;

проверяют, нет ли течи эксплуатационных жидкостей и утечки из соответствующих систем сжатого воздуха;

проверяют уровень электролита и степень разряженности аккумуляторных батарей, при необходимости проводят их подзаряд;

проводят наружный осмотр состояния и крепления аппаратуры и вспомогательного оборудования, ЗИП, кабелей, узлов, механизмов, измерительных приборов, целость стекол, наличие пломб в местах опломбирования;

проверяют затяжку креплений винтов блоков в стойках, стоек и приборов в кузовах;

проверяют состояние электрической изоляции, контактных разъемов, клеммных зажимов;

проверяют все кабели на отсутствие повреждений изоляции и обрывов;

проверяют по внешнему виду измерительные приборы и при необходимости устанавливают их стрелки в нулевое положение;

осматривают средства противопожарного оборудования;

проверяют основное, аварийное и ночное освещение;

проверяют работу концевых выключателей;

заменяют загрязненную смазку и заправляют горючим и смазочными материалами;

устраняют выявленные недостатки.

Техническое обслуживание № 1 предназначено для проведения ряда работ, направленных на поддержание аппаратуры звукометрических комплексов в исправном состоянии до проведения очередного номерного вида технического обслуживания. ТО-1 проводится после каждых 300 ч наработки аппаратуры или перед постановкой ее на кратковременное хранение (независимо от предыдущей наработки). Для аппаратуры звукометрических комплексов, находящихся на кратковременном хранении, ТО-1 проводится один раз в шесть месяцев. Работы, предусмотренные для ТО-1, проводит личный состав расчетов с привлечением специалистов подразделения технического обслуживания, ремонта и регламент-

но-настроечных работ части. В качестве материально-технического обеспечения используют одиночный и групповой ЗИП звукометрического комплекса.

При проведении ТО-1:

выполняют работы, предусмотренные для ЕТО;

удаляют следы коррозии с неокрашенных металлических поверхностей и подкрашивают оголенные места стоек пультов, блоков;

чистят коллекторы электрических машин (генераторов, двигателей);

проверяют состояние ходовой части автомобилей и исправность тормозов и стоп-сигналов;

проверяют плотность закрывания дверей;

осматривают и чистят воздушные фильтры фильтровентиляционной установки;

проверяют, нет ли обгоревших, треснувших или поврежденных деталей, проводов, изоляторов и т. д.;

проверяют исправность контактных разъемов блоков и функциональных узлов (плат);

проверяют напряжение на контрольных гнездах блоков, стоек, приборов;

производят осмотр, чистку и смазку ЗИП всех систем;

осматривают и взвешивают огнетушители (масса огнетушителя ОУ-2 должна быть в пределах 6,2—6,3 кг);

производят настройку и регулировку всех стоек, блоков и приборов с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, входящей в комплект каждой системы;

устраняют выявленные недостатки.

Техническое обслуживание № 2 предназначено для проведения комплекса работ по проверке технического состояния, предупреждения неисправностей, которые могут возникнуть при длительной эксплуатации аппаратуры, а также по проверке ее функционирования и по устранению обнаруженных недостатков. С аппаратурой звукометрических комплексов, находящихся в эксплуатации, проводится ТО-2 после 1300 ч наработки. При нахождении аппаратуры на длительном хранении ТО-2 проводится один раз в два года на пункте технического обслуживания части. Работы, предусмотренные для ТО-2, проводятся личным составом подразделения технического обслуживания, ремонта и регламентно-настроечных работ части с привлечением расчетов подразделения звуковой разведки. В качестве материально-технического обеспечения используется одиночный и групповой ЗИП звукометрического комплекса.

При проведении ТО-2:

выполняют работы, предусмотренные для ТО-1;

проверяют соответствие предохранителей номинальным данным;

производят дефектацию аппаратуры отдельных систем звукометрического комплекса;

заменяют негодные и износившиеся детали, электрические элементы и радиоэлементы, срок службы которых истек;

проверяют параметры всей аппаратуры комплекса и ЗИП;

подкрашивают или полностью перекрашивают аппаратуру и автомобили;

устраняют выявленные недостатки.

Сезонное обслуживание проводится два раза в год в целях подготовки систем звукометрических комплексов к осенне-зимнему или весенне-летнему периоду эксплуатации. СО может быть совмещено с одним из номерных видов технического обслуживания. Работы по выполнению СО проводятся силами расчетов звукометрических комплексов с привлечением специалистов подразделения технического обслуживания, ремонта и регламентно-настроечных работ на пункте технического обслуживания части или в мастерской подразделения звуковой разведки. В качестве материально-технического обслуживания используют одиночный и групповой ЗИП, расходные материалы.

При проведении СО:

выполняют работы, предусмотренные для ТО-1 и ТО-2, если срок их проведения совпадает с СО;

промывают и заряжают аккумуляторные батареи, заменяют или доводят до требуемой плотности электролит;

заменяют смазку с переборкой узлов и механизмов (в необходимых случаях);

проверяют работоспособность систем отопления и вентиляции кузовов автомобилей;

проверяют наличие и состояние ЗИП;

проверяют или переосвидетельствуют встроенные контрольно-измерительные приборы стоек, пультов, блоков;

проверяют параметры всех систем во включенном состоянии как автономно, так и в составе комплекса;

устраняют выявленные недостатки.

10.2. Хранение комплексов

В зависимости от плановых сроков ввода автоматизированных звукометрических комплексов в эксплуатацию или перерывов в работе устанавливается их хранение. Для хранения создают специальные складские помещения или навесы, защищающие автомобили комплексов от атмосферных осадков, воздействия солнечных лучей и других неблагоприятных метеорологических и климатических условий. В отдельных случаях допускается хранение систем звукометрических комплексов на открытых площадках.

Различают кратковременное и длительное хранение. Под кратковременным хранением следует понимать хранение систем звукометрических комплексов, когда они не используются сроком от одного месяца до одного года. Длительное хранение предполагает хранение аппаратуры, если она не используется сроком более одного года. При подготовке техники к кратковременному или длительному хранению производится консервация систем звукометрических комплексов. Работы по консервации аппаратуры проводят-

ся силами расчетов в хранилищах, под навесом или на открытых площадках в сухую погоду, при этом температура воздуха не должна быть ниже 10° С, а относительная его влажность не должна превышать 80%. Перед выполнением работ по консервации необходимо провести техническое обслуживание, вид которого зависит от срока хранения: при постановке техники на кратковременное хранение проводится техническое обслуживание № 1, при постановке на длительное хранение — техническое обслуживание № 2.

Работы по консервации систем звукометрических комплексов проводятся в следующем порядке:

включают аппаратуру систем в непрерывную работу в течение 4 ч, открыв при этом все люки и двери кузовов;

очищают от пыли и грязи все наружные детали и принадлежности кузовов, не имеющие антикоррозионных покрытий, и наносят на них ровный слой смазки;

продувают тормозные системы сжатым воздухом в течение 15 мин, после чего закрывают воздушные шланги, перекрывают и смазывают спусковые краны;

чистят отопители от пыли, грязи и нагара;

снимают и отправляют в зарядную аккумуляторную мастерскую все аккумуляторные батареи для консервации;

размещают внутри кузовов мешочки с силикагелем из расчета не менее 5 кг на 1 м^3 объема кузова автомобиля при условии, что относительная влажность воздуха при этом не превышает 30%;

закрепляют против окон внутри кузовов автомобилей гигрометры М-68 и патроны с силикагелем на расстоянии не ближе 20 см от стекол для контроля относительной влажности воздуха в ходе хранения аппаратуры;

прикладывают к законсервированным системам паспорта консервации, технологические карты подготовки к консервации и ее проведения, ведомости норм расхода материалов, инструкции по техническому обслуживанию и другую документацию;

закрывают и уплотняют люки и двери кузовов;

закрывают светонепроницаемой бумагой резиновые изделия систем;

устанавливают автомобили на колодки;

проверяют относительную влажность воздуха внутри кузовов через 1—5 суток с помощью гигрометров через окна кузовов, при этом предельно допустимое ее значение не должно превышать 55%.

Для снятия систем звукометрических комплексов с консервации:

проверяют давление в шинах автомобилей, при необходимости доводят до номинального — 3 кгс/м^2;

снимают автомобили с колодок;

приводят аккумуляторные батареи систем в рабочее состояние и устанавливают их в свои отсеки;

удаляют смазку с аппаратуры и убирают мешочки с силикагелем;

выполняют работы в объеме технического обслуживания № 1; проверяют каждую систему звукометрических комплексов на функционирование автономно и в составе изделий, при необходимости проводят настройку аппаратуры.

10.3. Транспортирование комплексов

Автомобили звукометрических комплексов на большие расстояния могут перемещаться своим ходом, а также перевозиться железнодорожным, водным или воздушным транспортом.

При организации перемещения своим ходом производится контрольный осмотр автомобилей. Особое внимание необходимо уделить приведению в походное положение аппаратуры топогеодезической привязки, надежному креплению сидений номеров расчетов, шанцевого инструмента и т. д.

Перемещение своим ходом звукометрических комплексов производится общей колонной или самостоятельно. Скорость движения по грунтовым дорогам при этом должна составлять до 30 км/ч, а по дорогам с твердым покрытием — до 50 км/ч. При перемещении звукометрических комплексов своим ходом обслуживающий их личный состав может находиться в кузовах автомобилей. В этом случае для управления личным составом командир подразделения звуковой разведки устанавливает связь: внутреннюю (кузов — кабина) с помощью переговорных устройств, визуальную с помощью устройства сигнализации на марше или по радиоканалу с помощью радиостанций Р-159 через переговорные устройства при разрешении на радиосвязь. При совершении перемещения в ночное время при необходимости следует соблюдать светомаскировку, пользуясь при этом соответствующими приспособлениями светомаскировочных устройств автомобилей, а в непосредственной близости от переднего края войск противника или на открытых участках маршрута движения — приборами ночного вождения (ПНВ).

При совершении перемещения звукометрических комплексов в зимних условиях для обогрева личного состава, находящегося в кузовах, используются отопители. При этом командирам подразделений следует периодически на привалах проверять исправность работы отопителей во избежание отравления личного состава расчетов угарным газом, а также физическое состояние людей.

При движении по грунтовым дорогам в случаях, когда уплотнения дверей или люков кузовов недостаточно и пыль проникает внутрь кузовов, необходимо включать фильтровентиляционные установки.

Особую осторожность следует предпринимать командирам подразделений при преодолении мостов, железнодорожных переездов, мелких водных преград и при пересечении линий электропередач, если на крышах кузовов установлены антенны.

При организации перемещения своим ходом или транспортировании следует учитывать основные транспортные характеристики отдельных систем, приведенные в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Основные технические характеристики автомобилей звукометрических комплексов

Наименование характеристик	Значения характеристик
Масса автомобиля, кг	10425
Габаритные размеры, мм	
длина	7450
ширина (по зеркалам)	2500
высота	3410
Клиренс, мм	330
Колея передних и задних колес, мм	1820
Давление в шинах, кгс/м^2	0,5—4,5
Радиус поворота автомобиля, м:	
по колее перемещения внешнего колеса	10,2
по переднему внешнему крылу	10,8
Глубина преодоления брода с твердым грунтом, м	1,2

При перевозках звукометрических комплексов железнодорожным транспортом для каждого автомобиля требуется одна четырехосная платформа с металлическими бортами, настил пола которой должен быть исправен, а в зимнее время очищен от снега, льда и посыпан песком.

Лица, ответственные за погрузку (выгрузку), перед началом работы должны изучить правила перевозки и принять необходимые меры по соблюдению общей и личной безопасности:

открывая борт платформы, необходимо стоять с краю борта, чтобы в случае падения он не задел открывающего;

нельзя находиться кому-либо, кроме водителей, в автомобилях при их заездах на подвижный состав (съездах с подвижного состава);

не разрешается водителям без команды заводить двигатели погруженных автомобилей и передвигать их по подвижному составу;

запрещено укладывать переходные мостики и другие приспособления под движущийся автомобиль и находиться между уже погруженным автомобилем и автомобилем, приближающимся к нему;

на электрифицированных линиях железных дорог категорически запрещается находиться на крышах кузовов автомобилей, погруженных на платформы;

находиться в кабинах и кузовах автомобилей во время транспортирования кому-либо из состава расчетов или водителей запрещается.

Для погрузки (выгрузки) автомобилей звукометрических комплексов требуется боковая погрузочная (длиной не менее 25 м) или торцевая платформа. Не допускается установка автомобиля над сцеплением железнодорожных платформ. После установки

автомобилей на железнодорожные платформы включают стояночные тормоза и низшие передачи автомобилей, борта платформ закрывают и запирают на запоры. Давление в шинах колес должно быть доведено до 0,5 кгс/м^2. Для крепления автомобилей под колеса с двух сторон подкладывают деревянные упоры, каждый из которых прибивают к полу платформы шестью гвоздями длиной 200 мм. Кроме того, каждый автомобиль закрепляется четырьмя растяжками, изготовленными из термически обработанной проволоки по четыре нитки диаметром 6 мм. Один конец растяжки закрепляется на автомобиле спереди за буксирные крюки, сзади — за задние буферные рамы, а другой конец — за торцевые или боковые стоечные скобы платформы. Растяжки располагают таким образом, чтобы углы между растяжками и полом, а также между растяжками и продольной осью платформы не превышали 45°. Время, необходимое для заезда, размещения и крепления автомобиля на платформе, составляет 1—1,5 ч, а для выгрузки — 0,5 ч.

Перед началом выгрузки автомобили освобождаются от растяжек и упоров, давление в шинах доводится до 3 кгс/м^2. С железнодорожной платформы автомобили съезжают своим ходом.

Ответственный за транспортирование звукометрических комплексов обязан проверить правильность погрузки и установки автомобилей на железнодорожных платформах. О результате проверки он сообщает начальнику железнодорожного участка (станции), делает в маршрутном листе отметку: «Техника размещена и закреплена правильно», которую заверяет своей подписью.

В ходе транспортирования автомобилей ответственный или сопровождающий груз обязан на остановках тщательно проверять крепление автомобилей и их положение на платформах. При обнаружении неисправностей крепления или смещения автомобилей, особенно в поперечном направлении, необходимо принимать срочные меры по установке автомобилей в нормальное положение и их надежному креплению.

При транспортировании автомобилей звукометрических комплексов водным транспортом их размещают в трюмах морского или речного судна. При этом необходимо строго выполнять меры безопасности и учитывать, что максимально допустимый угол крена автомобиля при его подъеме (спуске) должен составлять 35°. Крепление автомобилей осуществляют по судовой схеме. Каждый автомобиль закрепляется восемью растяжками, располагаемыми под углом 45° к его оси, по четыре (две продольные и две поперечные) с передней и задней его стороны, и направленными в противоположные стороны. При этом число нитей в растяжке для морских перевозок — 6, а для речных — 4. Один конец растяжек закрепляется к рессорам, передним крюкам, раме, задним упорам и другим деталям. Другой конец растяжек закрепляется за имеющиеся на судне приспособления. Кроме того, для крепления автомобилей используются деревянные упоры под колеса из брусьев 100 × 100 × 400 мм. Расстояния между автомобилями со

стороны радиаторов должно быть не менее 250 мм, с другой стороны — не менее 100 мм.

Начальник транспорта (эшелона), в распоряжении которого находится перевозимый звукометрический комплекс, обязан лично проверить правильность погрузки и установки автомобилей и о результатах проверки сообщить представителю организации, производящей транспортирование, с соответствующим оформлением документов.

При транспортировании автомобилей звукометрического комплекса воздушным транспортом их располагают в грузовом негерметизированном люке самолета Ил-76 и крепят по специальной схеме.

Раздел третий

БОЕВАЯ РАБОТА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

Глава 11

РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

11.1. Боевой порядок подразделения звуковой разведки и требования к нему

Для выполнения поставленных задач по ведению разведки и обслуживанию стрельбы подразделение звуковой разведки развертывается в боевой порядок. Боевой порядок подразделения звуковой разведки, имеющего на вооружении автоматизированный звукометрический комплекс (рис. 11.1), состоит из трех базных пунктов (БП), центрального пункта (ЦП), метеорологического поста (МП), поста наблюдения и связи (ПНС).

Боевой порядок должен обеспечивать:

непрерывное ведение разведки в указанной полосе;

скрытное расположение техники и личного состава от наземного и воздушного наблюдения противника;

наличие подъездных путей к элементам боевого порядка;

удобство прокладывания проводных линий связи и возможность использования радиосредств;

возможность использования аппаратуры наземной навигации и приборов для топогеодезической привязки базных пунктов;

непрерывное взаимодействие с другими подразделениями разведки и обслуживаемым артиллерийским подразделением;

возможность использования защитных и маскирующих свойств местности.

Основу боевого порядка подразделения звуковой разведки составляют базные пункты. От правильного их расположения на местности, точности проведения топогеодезической привязки и обученности личного состава в проведении первичной обработки принятой информации зависит успех выполнения подразделением поставленной задачи.

Базным пунктом называется участок местности, на котором развернуты звукоприемники, машина базного пункта с аппаратурой или комплект выносных приборов, предназначенные для проведения первичной обработки информации, и размещается обслуживающий их личный состав. Места развертывания базных пунк-

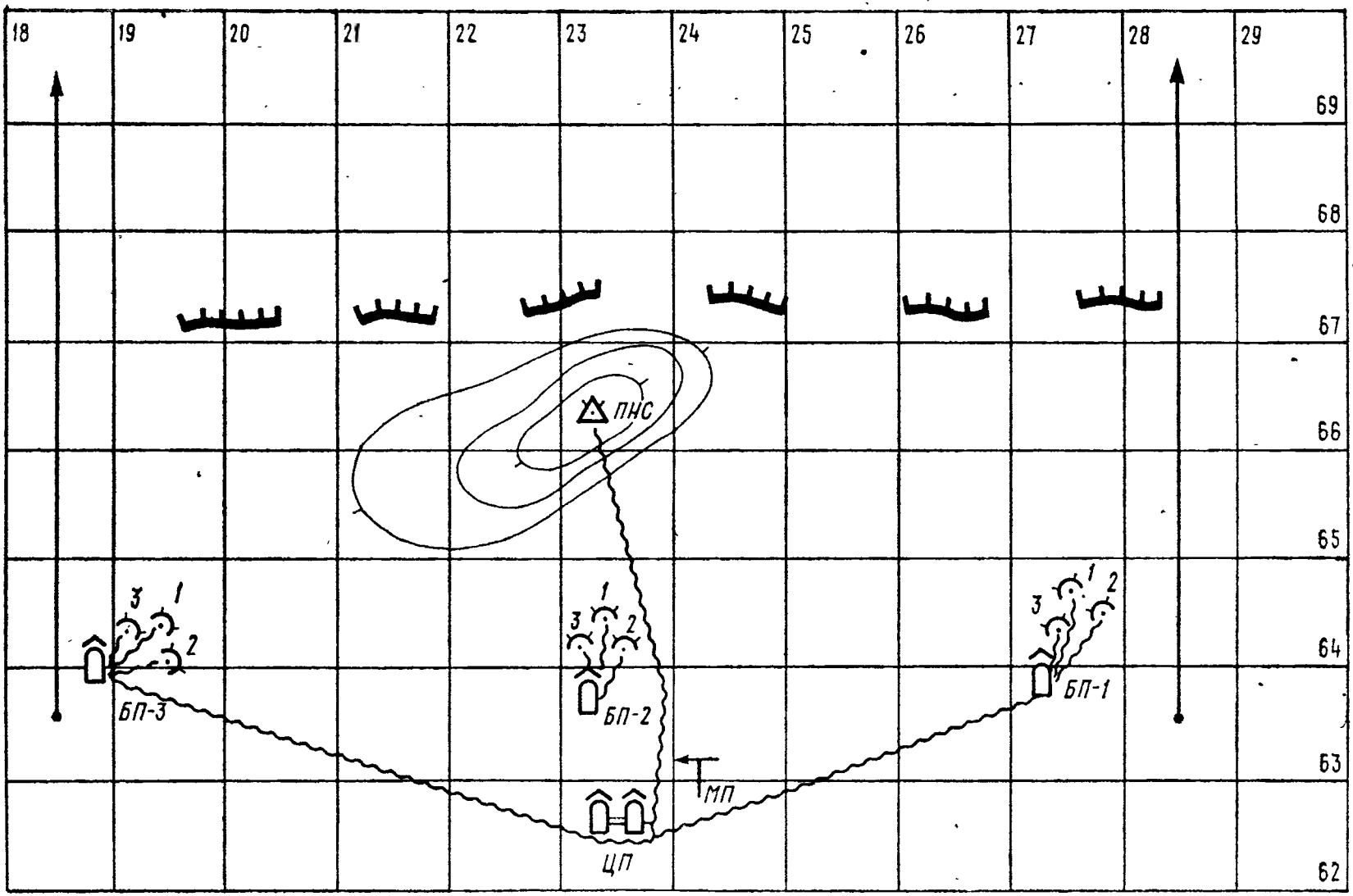


Рис. 11.1. Боевой порядок подразделения звуковой разведки, вооруженного комплексом АЗК-5

тов выбирают на равнинных участках, лесных полянах, в местах вырубки лесных массивов, редколесье или невысоком кустарнике. Это требование вытекает из необходимости иметь прямую видимость с точек разбивки акустических баз до мест установки звукоприемников, образующих акустические базы.

Позиции базных пунктов целесообразно выбирать вблизи пунктов геодезической сети или контурных точек, надежно опознаваемых на карте и на местности. Выполнение этого условия в значительной степени повысит точность топогеодезической привязки базных пунктов и сократит время на ее выполнение.

Места для установки звукоприемников, как правило, выбирают на возвышенностях таким образом, чтобы они по возможности находились в одинаковых условиях (рельеф, почва, растительный покров, удаление от лесных массивов, рек и озер). Звукоприемники акустических баз не следует располагать в лощинах, оврагах, в непосредственной близости от крутых обратных скатов высот, около огневых позиций артиллерии или дорог с оживленным движением.

Место для автомобиля базного пункта выбирают на удалении не более 500 м от мест установки звукоприемников акустической базы.

Центральным пунктом называется участок местности, на котором развертываются автомобили (автомобиль) с аппаратурой вторичной обработки информации, со средствами внутренней и внешней связи звукометрических комплексов и где размещается обслуживающий их личный состав. На центральном пункте производится определение координат целей и звуковых реперов, а также отклонений разрывов снарядов от цели, отсюда командир подразделения звуковой разведки управляет своим подразделением.

Место расположения центрального пункта выбирают в стороне от дорог с оживленным движением, примерно в середине фронта развертывания подразделения звуковой разведки, на удалении до 1 км от рубежа развертывания базных пунктов в глубину своих войск. Это место должно быть укрыто от наземного и воздушного наблюдения противника и удобно для организации проводной и радиосвязи с базными пунктами, старшим начальником и обслуживаемым артиллерийским подразделением. Местность в районе центрального пункта должна благоприятствовать развертыванию метеорологического поста.

Метеорологический пост служит для определения наземных метеорологических данных, учитываемых в работе подразделения звуковой разведки: наземной виртуальной температуры воздуха, направления и скорости ветра в приземном слое. Метеорологический пост располагают на участке, открытом для доступа потока воздушных масс. Если по условиям местности невозможно расположить метеорологический пост в районе центрального пункта на открытом участке, его приборы могут быть развернуты непосредственно на крыше автомобиля (МРЦП в комплексе АЗК-5 или АМЦП в комплексе АЗК-7). При невозможности этого метео-

рологический пост развертывают в районе одного из базных пунктов.

Пост наблюдения и связи является наблюдательным пунктом подразделения звуковой разведки. Он предназначен для наблюдения за полем боя и пуска аппаратуры комплекса в аварийном режиме его работы. Этот пост располагают на удалении не менее 500 м от переднего края наших войск в месте, обеспечивающем хороший обзор местности в заданной полосе разведки и возможность осуществления взаимодействия с подразделениями разведки и обслуживаемым артиллерийским подразделением.

11.2. Действия командира подразделения звуковой разведки при выборе элементов боевого порядка

Получив боевую задачу от старшего начальника, командир подразделения звуковой разведки наносит на рабочую карту заданную полосу разведки, а в ней районы особого внимания (РОВ) и, исходя из этого, намечает рубеж развертывания базных пунктов, районы расположения центрального пункта, метеорологического поста, поста наблюдения и связи. При выборе рубежа развертывания базных пунктов командир подразделения звуковой разведки оценивает наличие и возможность использования рокадных дорог для сокращения времени на проведение топогеодезической привязки базных пунктов при использовании аппаратуры наземной навигации, на организацию проводной связи, на перемещение в ходе выдвижения при развертывании (свертывании) в боевой порядок.

Оценивая рельеф местности и ее растительный покров по карте, командир подразделения звуковой разведки выбирает районы развертывания базных пунктов на удалении 2—3 км от переднего края своих войск как в оборонительном, так и в наступательном бою. Это требование вытекает из условия, что в ЦВМ автоматически определяется район боевой работы звукометрического комплекса. Исходной основой для этого является длина геометрической базы (L) — расстояние между центрами крайних акустических баз. Ближняя граница района боевой работы при этом будет определена как линия, параллельная геометрической базе и удаленная от нее в сторону противника на $0{,}25L$, а дальняя граница — на расстоянии $2{,}5L$ от геометрической базы. Длина геометрической базы (фронт развертывания подразделения звуковой разведки) должна составлять не менее 0,8 ширины заданной полосы разведки.

Базные пункты всегда располагаются в порядке, показанном на рис. 11.1, т. е. первый базный пункт БП-1 — справа, второй базный пункт БП-2 — в центре, третий базный пункт БП-3 — слева.

Позиции всех базных пунктов желательно располагать на одной прямой линии. Если условия местности не позволяют выполнить это требование, допускается смещение крайних базных пунк-

тов относительно намеченных командиром подразделения звуковой разведки точек разбивки акустических баз в радиусе до 500 м в любом направлении, а смещение среднего базного пункта — в радиусе до 1000 м. При таком взаимном расположении базных пунктов полоса разведки, автоматически рассчитываемая в ЦВМ, совпадет с заданной полосой разведки.

В выбранных районах базных пунктов командир подразделения на карте намечает точки разбивки акустических баз, оценивая возможность выбора мест для установки звукоприемников в соответствии с требованиями к ним.

Для определения дирекционных углов директрис намечаемых акустических баз в середине полосы разведки на удалении 10—12 км от рубежа развертывания базных пунктов командир подразделения звуковой разведки намечает точку, принимая ее за точку пересечения директрис. После этого из намеченных точек разбивки акустических баз с помощью артиллерийского круга АК-3 он измеряет на намеченную точку пересечения директрис дирекционные углы их направлений с округлением до 1-00.

Исходя из намеченного рубежа развертывания базных пунктов, командир подразделения звуковой разведки выбирает в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями места для центрального пункта, метеорологического поста, поста наблюдения и связи.

Аналогичную работу проводит командир подразделения звуковой разведки при выборе элементов боевого порядка на других рубежах развертывания подразделения, тщательно оценивая маршруты перемещения к ним. Значительное облегчение в этой работе дает использование специального шаблона.

11.3. Развертывание машины базного пункта на позиции

Общие положения

Намеченные по карте места развертывания постов и пунктов подразделения звуковой разведки его командир при наличии времени уточняет на местности во время проведения рекогносцировки. В отдельных случаях задача по их выбору может быть поставлена личному составу в районе центрального пункта. При этом командир подразделения указывает начальникам базных пунктов положение переднего края противника и своих войск, места развертывания базных пунктов и маршруты движения к ним, исходные данные для топогеодезической привязки, данные для организации проводной и радиосвязи, место расположения центрального пункта и магнитные азимуты направлений с него на базные пункты, а также время готовности к боевой работе.

Развертывание подразделения в боевой порядок, как правило, начинают от центрального пункта. При развертывании на проводных средствах связи в целях сокращения времени развертывания командир подразделения, как правило, усиливает личный состав крайних базных пунктов номерами из расчета центрального пунк-

та: Номера расчетов базных пунктов подключают линии проводной связи к соответствующим клеммам щитка Щ-2 и начинают разматывать кабель в направлениях, указанных командиром подразделения, к соответствующим базным пунктам. Если позволяет местность, размотку кабеля проводят с автомобилей.

Базные пункты ведут боевую работу на коротких акустических базах длиной 300—600 м. Для их развертывания на каждом баз-

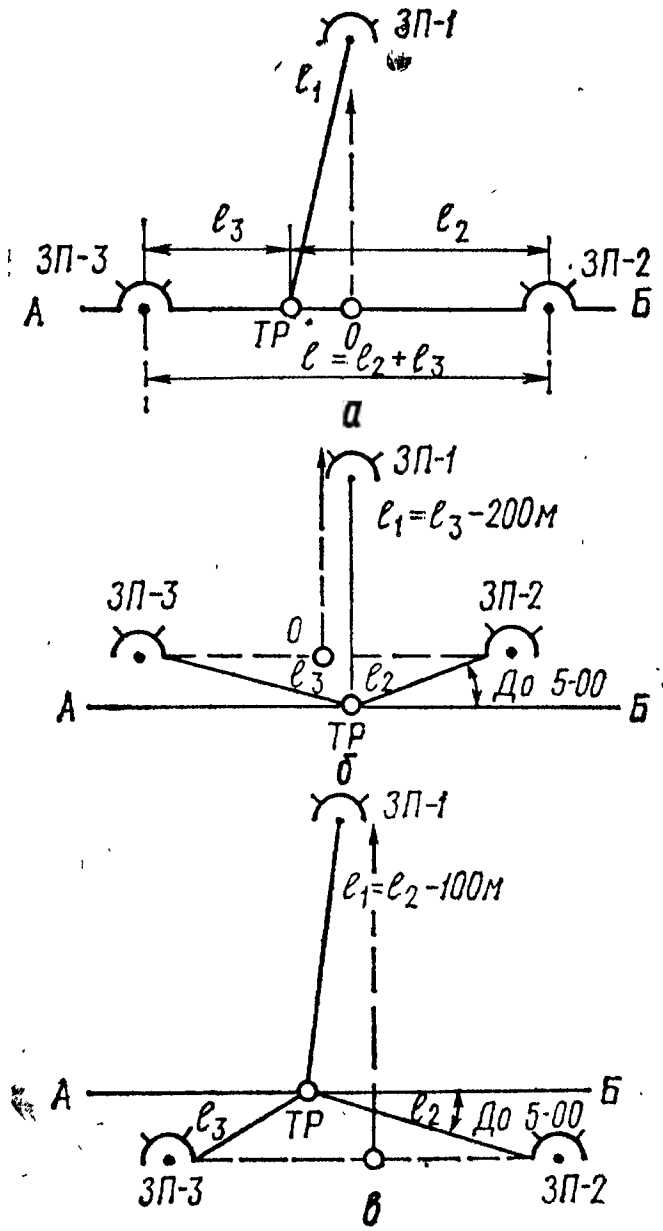


Рис. 11.2. Разбивка акустической базы:

а — звукоприемники акустической базы расположены на линии *АБ* на различных расстояниях от точки разбивки; *б* — звукоприемники акустической базы расположены впереди линии *АБ*; *в* — звукоприемники акустической базы расположены сзади линии *АБ*

ном пункте выбирают в намеченных районах точки разбивки акустических баз, которые на местности закрепляют колышками, а над ними устанавливают буссоли. Расстояние от точки разбивки

до места установки правого звукоприемника (ЗП-2) или левого (ЗП-3) называется правым (l_2) или левым (l_3) плечом акустической базы (рис. 11.2, *а*). Расстояние между ЗП-2 и ЗП-3 называется длиной акустической базы (l). Дирекционные углы направлений на ЗП-2 или ЗП-3 с точки разбивки ТР именуют дирекционными углами правого плеча (α_2) или левого плеча (α_3) акустической базы.

Звукоприемники ЗП-2 и ЗП-3 устанавливают на линии *АБ*, проходящей через точку разбивки ТР перпендикулярно направлению директрисы и по возможности на одинаковом удалении от точки разбивки акустической базы.

В случае невозможности развернуть ЗП-2 и ЗП-3 на линии *АБ* места для звукоприемников могут быть выбраны впереди либо сзади (рис. 11.2, *б*, *в*). В этом случае углы между намеченной линией и направлениями на звукоприемники не должны превышать 5-00 и отличаться один от другого более чем на 2-00. При этом плечи l_2 и l_3 должны быть 200—350 м и примерно равными. Выполнение этих условий обеспечит приближение реального значения дирекционного угла директрисы ($\alpha_д$) к намеченному.

Звукоприемник ЗП-1, выполняющий роль автоматического предупредителя на базном пункте комплекса АЗК-5, устанавливают впереди середины акустической базы в направлении директрисы (допустимое отклонение $\pm$1-00) на расстоянии l_1, которое должно быть больше большего плеча акустической базы не менее чем на 150 м.

После разбивки акустической базы проводится ее топогеодезическая привязка, данные о которой с установлением связи базного пункта с центральным пунктом передают командиру подразделения для ввода в ЦВМ.

Развертывание аппаратуры

Установив автомобиль базного пункта в выбранном месте, личный состав расчета приступает к выполнению первоочередных работ по инженерному оборудованию и маскировке окопа для автомобиля. Кузов автомобиля заземляют с помощью металлического штыря и кабеля, подключаемого к разъему ЗЕМЛЯ. Бензоэлектрический агрегат устанавливают в окопе на расстоянии до 20 м от автомобиля базного пункта, заземляют и подключают силовым кабелем питания к разъему ВВОД — ВЫВОД на задней стенке кузова автомобиля. Включение бензоэлектрического агрегата и его работа осуществляются в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Развертывание аппаратуры базного пункта и подготовка ее к работе включает:

проверку исходного положения органов управления на блоках и пультах;

включение электропитания аппаратуры;

проверку работоспособности схемы автоматического переключения источников питания;

проверку работоспособности аппаратуры базного пункта;

проверку связи с центральным пунктом;

проведение совместных проверок с аппаратурой центрального пункта (см. подразд. 11.4).

Проверка исходного положения органов управления имеет целью предупреждение выхода из строя аппаратуры при включении электропитания и обеспечение плавного нарастания нагрузки его источников. Установку исходного положения органов управления аппаратуры комплекса осуществляют в соответствии с требованиями «Указаний по боевой работе подразделения звуковой разведки, вооруженного автоматизированным звукометрическим комплексом АЗК-5 (АЗК-7)».

Включение электропитания аппаратуры при работе бензоэлектрического агрегата производится в следующем порядке:

убеждаются в наличии напряжения на входе щитка ЩАЗ по горению его левой сигнальной лампы;

устанавливают переключатель на распределительной коробке в положение РАБОТА;

устанавливают рукоятку силового автомата ЩАЗ в верхнее положение, при этом должна загореться правая сигнальная лампа АВТОМАТ ВКЛЮЧЕН;

проверяют по вольтметру СЕТЬ 220 В блока БЛ-17 стойки СТ-7 напряжение, значение которого должно быть (220 ± 10) В;

проверяют работу силового автомата нажатием кнопки ПРОВЕРКА АВТОМАТА на ЩАЗ, имитируя этим короткое замыкание в сети, при этом автомат должен отключиться, после чего повторно включают его;

устанавливают последовательным включением выключатели СЕТЬ 220 В на блоках БЛ-20, БЛ-18, БЛ-17 и выключатель АВТОМАТ на блоке БЛ-17 стойки СТ-7 в положение ВКЛ., а выключатель РУЧН. блока БЛ-17 — в нижнее положение; по горению сетевых индикаторов убеждаются в наличии напряжения на входах блоков;

проверяют по приборам выходные напряжения на блоках БЛ-13, БЛ-14 и БЛ-15; стрелки индикаторных приборов должны находиться в пределах закрашенных секторов;

устанавливают (при ожидаемой работе на радиосвязи) выключатель СЕТЬ 220 В на блоке БЛ-22 стойки СТ-7 в положение СЕТЬ 220В;

устанавливают переключатель РС на блоке БЛ-22 в положение ВЫПР. и по загоранию светодиода КОНТРОЛЬ ВЫХ. НАПР. проверяют наличие напряжения на выходе блока;

устанавливают на регистрирующем приборе выключатель ПИТАНИЕ — ВЫКЛ. в положение ПИТАНИЕ;

устанавливают последовательно на блоках БЛ-1 1, 2 и 3-го каналов стойки СТ-1 выключатели ПИТАНИЕ 24В, 40В, ЗВ. СИГН., ЛИН. — ТА в верхнее положение, при этом на них должны заго-

реться лампы РАБ., сигнализирующие об установлении рабочих режимов в каналах приема, при которых значения тока в цепях этих каналов находятся в пределах 60—250 мА. Если включилась звуковая сигнализация и загорелась лампа ОБРЫВ блока БЛ-1 любого из каналов, это означает, что ток в этой цепи меньше 60 мА и его силы недостаточно для срабатывания реле по току, управляющего подачей питающего напряжения 24 В на элементы электрической схемы блока БЛ-1 или поданное постоянное напряжение 40 В требует переполюсовки. В этом случае изменяют положение выключателя ГРУБО и нажимают кнопку РАЗБЛ. ЗАЩ. (разблокировка защиты). Если загорелась сигнальная лампа КЗ (короткое замыкание) блока БЛ-1 любого из каналов, это означает, что ток в цепи этого канала превышает 250 мА, а это приводит к срабатыванию и заблокированию сильноточного реле, управляющего подачей питающего напряжения 40 В в линию, и к включению световой и звонковой сигнализации о коротком замыкании или к значительной утечке тока в этой цепи. Приведение схемы в рабочее состояние осуществляется нажатием кнопки разблокировки защиты РАЗБЛ. ЗАЩ. тех блоков БЛ-1, где рабочий режим не установлен. Если указанное действие не приводит к установлению рабочего режима, принимают меры по устранению неисправности линии к соответствующему звукоприемнику;

устанавливают выключатель ТЕРМ. на блоке БЛ-15 стойки СТ-3 в положение ВКЛ., при этом на блоке БЛ-6 стойки СТ-2 загорается лампа ТЕРМОСТАТ — РАБОТА, свидетельствующая о включении схемы термостатирования генератора частот;

проверяют исправность работы схемы термостатирования, для чего нажимают на блоке БЛ-6 стойки СТ-2 кнопку ТЕРМОСТАТ — ВКЛ., при этом происходит имитация достижения температуры перегрева термостата [более $(70\pm1)^\circ$ С] и срабатывание реле, в результате чего цепь питания обмотки подогрева разрывается, ключевая схема блокируется и загорается сигнальная лампа ПЕРЕГРЕВ, при отпускании кнопки ТЕРМОСТАТ — ВКЛ. лампа ПЕРЕГРЕВ гаснет;

убеждаются в наличии питания на всей аппаратуре базного пункта, при этом на пульте ПЛ-1 должны гореть лампы ЛИНИЯ и СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ; на каждом блоке БЛ-8 стойки СТ-2 должна гореть хотя бы одна из ламп; на блоке БЛ-6 этой стойки — лампа ТЕРМОСТАТ — РАБОТА, а на блоке БЛ-25 — лампа ПИТ.; на БПРП-220 — неоновая лампа 220В и два светодиода контроля выходного напряжения 24В; на пультах ПЛ-3 — индикаторные табло и некоторые светодиоды КОНТРОЛЬ КОДОВЫХ СЛОВ.

Проверяют работоспособность схемы автоматического переключения источников питания. При этом необходимо убедиться в том, что выключатели АККУМ. 24В (АККУМ.) на блоках БЛ-13, БЛ-14, БЛ-15 стойки СТ-3, выключатель 105В на блоке БЛ-17 стойки СТ-7, а также переключатель ПИТАНИЕ на пульте ПЛ-6 установлены в положение ВКЛ. Рукоятку силового автомата ЩАЗ

устанавливают в нижнее положение, имитируя пропадание сетевого напряжения. При этом срабатывает схема управления и ее исполнительное устройство — реле, подключающее напряжение питания от аккумуляторных батарей ко входам соответствующих преобразователей. Сетевые сигнальные лампы на блоках БЛ-17, БЛ-18, БЛ-20 и БЛ-22 стойки СТ-7 должны погаснуть, светодиоды 24В на блоках БЛ-13 — загореться, а светодиоды 5В на этих блоках — продолжать гореть.

При включении силового автомата сетевые сигнальные лампы стойки СТ-7 должны загореться, а светодиоды АККУМ. 24В на блоках БЛ-13, БЛ-14 и АККУМ. БЛ-15 — погаснуть.

Подача питания на аппаратуру базного пункта, кроме радиостанций и регистрирующего прибора, при автоматическом переключении источников питания не должна прерываться.

При неисправности бензоэлектрического агрегата питание аппаратуры осуществляется в течение двух часов от аккумуляторных батарей, а при работающем двигателе автомобиля — от генератора Г-290.

Если работа аппаратуры при развертывании базного пункта осуществляется от аккумуляторов, ее включение производится в следующем порядке:

устанавливают переключатель ПИТАНИЕ на пульте ПЛ-6 в положение ВКЛ.;

устанавливают переключатель ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ на пульте ПЛ-6 в положение 6СТ-90 и по вольтметру проверяют напряжение аккумуляторных батарей, при этом стрелка прибора должна находиться в пределах закрашенного сектора;

устанавливают на блоке БЛ-17 стойки СТ-7 выключатель ПЕРЕКЛ. ИСТОЧН. РУЧН. в положение ВКЛ., при этом должен загореться светодиод АБ24В;

устанавливают переключатель КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ на блоке БЛ-17 стойки СТ-7 в положение АБ24В и по вольтметру проверяют наличие напряжения на входе стойки СТ-7;

устанавливают переключатель РС на блоке БЛ-22 стойки СТ-7 в положение АККУМ. и по горению светодиода КОНТРОЛЬ ВЫХ. НАПР. проверяют наличие напряжения на выходе блока;

устанавливают переключатель КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ на блоке БЛ-17 стойки СТ-7 в положение АБ7,2В и по вольтметру проверяют наличие напряжения на входе стойки СТ-7;

устанавливают выключатели АККУМ. 24В на блоках БЛ-13 и БЛ-14, АККУМ. на блоке БЛ-15 стойки СТ-3, выключатель 105В на блоке БЛ-17 стойки СТ-7 в положение ВКЛ. и по горению соответствующих светодиодов проверяют наличие напряжений;

проверяют входное напряжение 24 В на блоке БЛ-13 и выходные напряжения блоков БЛ-14 и БЛ-15 по приборам КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ в блоках БЛ-13, КОНТРОЛЬ ВЫХ. НАПРЯЖЕНИЙ 40В в блоке БЛ-14 и ВЫХ. НАПРЯЖЕНИЕ 24В в блоке БЛ-15, при этом стрелки индикаторных приборов должны находиться в пределах закрашенных секторов;

подключают кабель питания регистрирующего прибора к блоку БПРП-24 и устанавливают выключатель ПИТАНИЕ — ВЫКЛ. в положение ПИТАНИЕ.

Для работы генератора Г-290 в буфере с АБ24В после включения переключателя ПИТАНИЕ на пульте ПЛ-6 устанавливают выключатель Г-290 в положение ВКЛ., при этом должна загореться сигнальная лампа. Если же аккумуляторная батарея не требует подзаряда, после включения выключателя Г-290 переключатель ПИТАНИЕ на пульте ПЛ-6 устанавливают в положение ВЫКЛ. Контроль выходного напряжения генератора осуществляется по вольтметру пульта ПЛ-6, для чего переключатель ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ устанавливают в положение Г-290.

Проверка работоспособности аппаратуры базного пункта проводится для определения готовности аппаратуры к ее функциональному использованию и включает:

настройку и калибровку стойки приема и передачи СТ-1 с подключенными звукоприемниками;

подготовку к работе стойки выделения начал и распознавания технических сигналов СТ-2 и ее калибровку;

подготовку к работе пультов ПЛ-3;

подготовку к работе регистрирующего прибора;

совместную проверку стойки СТ-2 и регистрирующего прибора.

Настройка и калибровка стойки приема и передачи СТ-1 с подключенными звукоприемниками имеет целью согласование каналов передачи звукоприемников с каналами приема стойки СТ-1 через линии проводной связи. В ходе выполнения этих работ личный состав подразделения проводит только электрическую калибровку стойки СТ-1.

Перед проведением электрической калибровки стойки СТ-1 осуществляют поканальную регулировку выходных напряжений в блоках БЛ-2 и БЛ-19, для чего:

устанавливают на блоке БЛ-2 переключатель КАЛИБР. КАНАЛОВ в положение, соответствующее проверяемому каналу;

устанавливают на блоке БЛ-2 выключатель ФИЛЬТР в положение ВЫКЛ.;

нажимают кнопку УСТАНОВ. НК (установление напряжения калибровки) на блоке БЛ-2 и, вращая ось потенциометра, устанавливают номинальное значение напряжения калибровки, ориентируясь по показанию стрелки индикаторного прибора этого блока, которая должна быть установлена в пределах закрашенного сектора шкалы; кнопку отпускают;

нажимают кнопку КАЛИБРОВКА на блоке БЛ-2 и, вращая ось потенциометра, устанавливают номинальный уровень усиления проверяемого канала, ориентируясь по показанию стрелки индикаторного прибора этого блока, которая должна быть в пределах закрашенного сектора шкалы; кнопку отпускают;

устанавливают выключатель ФИЛЬТР в верхнее положение для обеспечения дальнейшего проведения проверки каналов в

условиях реальных звуковых помех, которые, воздействуя на звукоприемники, создают в каналах электрические сигналы, затрудняющие прием из линий сигналов калибровочной частоты 125 Гц, выделение которой облегчается включением фильтра с помощью выключателя ФИЛЬТР.

Для проведения электрической калибровки каналов передачи и приема:

устанавливают переключатели КАЛИБРОВКА КАНАЛОВ на блоках БЛ-2 и БЛ-19 стойки СТ-1 в положение, соответствующее проверяемому каналу, для посылки в линию двух электрических напряжений: с блока БЛ-2 частотой 1000 Гц, с блока БЛ-19 — частотой 125 Гц;

устанавливают на блоке БЛ-19 выключатель вида калибровки АКУСТ. — ЭЛЕКТР. в положение ЭЛЕКТР.;

устанавливают на блоке БЛ-19 с помощью ручки УСТАНОВ. НАПРЯЖ. номинальное калибровочное напряжение частотой 125 Гц, ориентируясь на показания стрелки индикаторного прибора, которая должна быть в пределах закрашенного сектора шкалы;

добиваются с помощью ручки ФАЗИРОВАНИЕ КАНАЛА ТОЧНО на блоке БЛ-1 проверяемого канала максимального отклонения стрелки индикаторного прибора на блоке БЛ-2, что свидетельствует о выравнивании по фазе напряжений несущей частоты, поступающей из линии, и частоты напряжения демодуляции, вырабатываемой в блоке проверяемого канала;

устанавливают с помощью ручки КАЛИБРОВКА КАНАЛА на блоке БЛ-1 проверяемого тракта номинальное значение уровня усиления принимаемых сигналов, ориентируясь на показания стрелки индикаторного прибора на блоке БЛ-2, которая должна быть в пределах закрашенного сектора;

фиксируют положения ручек ФАЗИРОВАНИЕ КАНАЛА ТОЧНО и КАЛИБРОВКА КАНАЛА на блоке БЛ-1 зажимными винтами и сохраняют эти положения в процессе работы неизменными;

проводят аналогично электрическую калибровку других каналов, кроме канала АП, обращая внимание на особую тщательность в работе при калибровке 2-го и 3-го каналов;

устанавливают на блоках БЛ-2 и БЛ-19 переключатели КАЛИБРОВКА КАНАЛОВ после проведения их калибровки в положение ВЫКЛ.

После проведения электрической калибровки каналов можно утверждать, что согласование звукоприемников с каналами приема стойки СТ-1 через данные линии связи достигнуто. Если в ходе последующих развертываний аппаратуры базных пунктов для боевой работы звукоприемники будут использоваться в этих же каналах с теми же линиями проводной связи к ним, что и при проведении калибровки, проведение калибровки сводится только к контролю калибровки каналов, что сокращает время готовности подразделения звуковой разведки к работе. Для этой цели звукоприемники и катушки проводной связи, используемые для их подключения на базном пункте, нумеруют и всегда используют в

Таблица 11.1

Положение органов управления аппаратуры базного пункта при проведении совместного контроля

Вид проверки (настройки)	Стойка СТ-2														Пульт ПЛ-3-1			Пульт ПЛ-1
	Блок БЛ-5					Блок БЛ-25			Блоки БЛ-8 каналов									
									3			2		1				
	Переключатель РЕЖИМ	Выключатели ВРЕМЯ, С			Выключатель РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА — ВЫКЛ.	Переключатели												
		0,25 — ВЫКЛ.	0,5 — ВЫКЛ.	МНОЖИТЕЛЬ ×1 — ×4		РЕЖИМ	ОСЛАБЛЕНИЕ ПОМЕХ ВЧ	ОСЛАБЛЕНИЕ ВЕТРОВЫХ ПОМЕХ	УСИЛЕНИЕ	УСИЛЕНИЕ	УСИЛЕНИЕ	РЕЖИМ	ВВОД — ВЫВОД	РАБОТА — КОНТРОЛЬ	РЕЖИМ РАБОТЫ
Калибровка стойки СТ-2	КАЛИБР. КАНАЛОВ	ВЫКЛ.	ВЫКЛ.	×1	РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА	КОНТР. СТ-2	ВЫКЛ.	ВЫКЛ.	20	20	20	А	ТВ2	КОНТРОЛЬ ОБЩИЙ	СВЯЗЬ
Получение контрольной ленты	II	0,25	0,5	×1	РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА	КОНТР. СТ-2	ВЫКЛ.	ВЫКЛ.	24	24	24	АК	ТВ2	КОНТРОЛЬ ОБЩИЙ	СВЯЗЬ
Решение контрольной задачи № 1	II	0,25	0,5	×1	РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА	КОНТР. С1-С2	ВЫКЛ.	ВЫКЛ.	24	24	24	А	ТВ2	РАБОТА	КОНТР. С1—С2

работе тех каналов, в которых проводилась электрическая калибровка.

Подготовка к работе стойки выделения начал и распознавания технических сигналов СТ-2 имеет целью проверку установления заданных режимов ее работы, а при необходимости — проведение калибровки усилителей блоков БЛ-8 всех каналов.

Для проведения калибровки стойки СТ-2:

устанавливают органы управления аппаратуры в положение в соответствии с табл. 11.1;

нажимают на пульте ПЛ-3-1 кнопку ПУСК для приведения функциональной схемы аппаратуры в исходное состояние;

устанавливают на блоке БЛ-8 2-го канала стойки СТ-2 потенциометр КАЛИБР. в среднее положение;

вращают поочередно потенциометр КАЛИБР. блоков БЛ-8 всех каналов, кроме 2-го, добиваясь такого положения, при котором на светодиодном табло блока БЛ-5 горели бы постоянно все светодиоды центрального столбца, а светодиоды крайних столбцов не горели. При этом ориентируются по светодиоду 2-го канала, который загорается только тогда, когда одновременно горят светодиоды других каналов центрального столбца, так как эта группа светодиодов включена в цепь индикации по схеме совпадений, в которой выходом является светодиод 2-го канала. При достижении такого положения уровни усиления калибровочных напряжений оказываются выравненными во всех каналах. Выравнивание уровней усиления калибровочных напряжений наступает и тогда, когда происходит «перемигивание» всех светодиодов данного канала.

Подготовку к работе пультов индикации, кодирования и передачи информации ПЛ-3 проводят в целях проверки их работоспособности и установления необходимых режимов в ходе боевой работы.

Для проведения проверки пульта ПЛ-3-1 в автоматическом (А) режиме:

устанавливают переключатель РЕЖИМ в положение А;

переводят переключатель РАБОТА — КОНТРОЛЬ в положение КОНТРОЛЬ ВРЕМЕН, при этом загорается сигнальная лампа ОСТАНОВ;

устанавливают переключатель ВВОД — ВЫВОД в положение ТВ2, мс;

нажимают кнопку ПУСК, при этом лампа ОСТАНОВ гаснет, на цифровом табло пульта меняются значения ТВ2: 1110,5; 2221,5; 3332,5; 4443,5; 5554,5 ; 6665,5; 7776,5; 8887,5; 9998,5, чередуясь с нулевыми значениями, после чего цикл индикации повторяется. Одновременно с нулевой индикацией кратковременно загорается лампа ПЕРЕДАЧА и происходит «перемигивание» светодиодов КОНТРОЛЬ КОДОВЫХ СЛОВ, отражающее значение высвечиваемого числа в двоичном коде;

переводят переключатель ВВОД — ВЫВОД в положение ТВ3, мс, при этом режим контроля не изменяется;

переводят этот же переключатель в положение ГВ, с, при этом правая цифровая лампа табло гаснет, а на табло продолжает чередоваться с нулевыми значениями индикация: 1110, 2220, 3330, 4440 ... 9990, после чего ее цикл повторяется, лампа ПЕРЕДАЧА продолжает кратковременно включаться;

устанавливают переключатель ВВОД — ВЫВОД в положение №гр, при этом на табло пульта индицируется номер группы электрических сигналов с 01 до 18, после чего цикл индикации повторяется.

Для проведения проверки пульта ПЛ-3-1 в автоматическом режиме с контролем (АК) устанавливают переключатель РЕЖИМ в положение АК и проверку проводят аналогично. Отличий при индикации в этом режиме контроля от рассмотренного нет, за исключением того, что после высвечивания девяти раз очередного значения ТВ2, ТВ3, ГВ или №гр (в зависимости от того, в какое из положений будет установлен переключатель ВВОД — ВЫВОД) пульт выходит на останов, о чем сигнализирует загорание лампы ОСТАНОВ. Для продолжения проведения контроля в этом режиме нажимают кнопку ПУСК повторно, пульт производит вновь девять очередных индикаций, после чего опять выходит на останов.

Для проведения проверки этого пульта в режиме ручной обработки информации переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ устанавливают в положение Р, переключатель ВВОД — ВЫВОД — в положение №гр, а переключатель РАБОТА — КОНТРОЛЬ — в положение КОНТРОЛЬ ВРЕМЕН, при этом горит сигнальная лампа ОСТАНОВ. Нажимают кнопку ПУСК, при этом лампа ОСТАНОВ гаснет, на цифровом табло пульта происходит очередная смена значения номера группы электрических сигналов и вновь загорается лампа ОСТАНОВ. Проверка обоих пультов ПЛ-3 в режиме Р ЭВМ проводится в следующем порядке:

устанавливают переключатели РЕЖИМ в положение Р ЭВМ, РАБОТА — КОНТРОЛЬ — в положение КОНТРОЛЬ ОБЩИЙ, ВВОД — ВЫВОД — в положение ТВ2, мс;

устанавливают на цифровом табло произвольное значение вводимой величины ТВ2 нажатием соответствующих кнопок наборного поля пульта, контролируя правильность ввода, после чего переводят переключатель ВВОД — ВЫВОД в положения ТВ3, мс; ГВ, с; №гр, соответственно набирая значения ТВ3, ГВ и №гр;

нажимают кнопку ВКЛ. ПЕРЕДАЧИ, при этом кратковременно загорается сигнальная лампа ПЕРЕДАЧА, а табло пульта обнуляется, что свидетельствует о передаче набранной информации. Кроме того, загорается определенная комбинация светодиодов КОНТРОЛЬ КОДОВЫХ СЛОВ, характеризующая в закодированном виде значение числа, индицировавшегося на цифровом табло пульта в зависимости от положения переключателя ВВОД — ВЫВОД;

контролируют правильность кодирования пультом передаваемой информации. Если при этом возникают ошибки, проверяют

исправность светодиодов, для чего переключатель РАБОТА — КОНТРОЛЬ переводят в положение контроля нулевого синхрослова КОНТРОЛЬ 0 СЛОВА и нажимают кнопку ВКЛ. ПЕРЕДАЧИ, при этом все светодиоды должны загореться. Если некоторые светодиоды не горят, это указывает на их неисправность. Если все светодиоды исправны, но кодирование осуществляется с ошибкой, делают вывод о неисправности проверяемого пульта.

Подготовка к работе регистрирующего прибора проводится в следующем порядке:

проверяют наличие бумажной ленты и при необходимости заправляют новый рулон;

разарретируют перья;

устанавливают переключатели измерительных устройств в положение ВЫКЛ.;

устанавливают ручками УСТ. 0 перья на нулевые отметки шкальной линейки;

устанавливают переключатели всех измерительных устройств в положение КАЛИБР. и ручкой УСИЛЕНИЕ каждого измерительного канала добиваются, чтобы линия, оставляемая пером, совпадала с крайней оцифрованной отметкой (20) шкальной линейки;

устанавливают переключатели всех измерительных устройств в положение 0,2;

включают выключатель ПРОТЯЖКА;

нажимают и отпускают кнопку ПУСК, при этом лента должна протягиваться с рабочей скоростью 100 мм/с;

нажимают и отпускают кнопку СТОП, при этом продвижение ленты с рабочей скоростью должно прекратиться и перейти к замедленной протяжке;

проверяют с помощью линейки расстояние между началами соседних секундных меток, которое должно составлять (100 ± ± 5) мм;

устанавливают выключатель ПРОТЯЖКА в положение ВЫКЛ.

Совместная проверка стойки СТ-2 и регистрирующего прибора проводится для контроля их работоспособности путем получения контрольной ленты и сверки записей на ней с записями эталонной ленты (рис. 11.3). В случае отсутствия различий в записях считают совместную проверку стойки СТ-2 и регистрирующего прибора законченной.

Для получения контрольной ленты:

устанавливают органы управления аппаратуры в положения, указанные в табл. 11.1, дальнейшие операции выполняют не ранее чем через 30 с (время, необходимое для выхода стойки СТ-2 в исходное для проведения этой проверки состояние);

нажимают и отпускают на блоке БЛ-5 кнопку СБРОС;

устанавливают на регистрирующем приборе выключатель ПРОТЯЖКА в положение ВКЛ.;

нажимают и отпускают на пульте ПЛ-3-1 кнопку ПУСК;

нажимают и отпускают на блоке БЛ-5 кнопку СБРОС, при

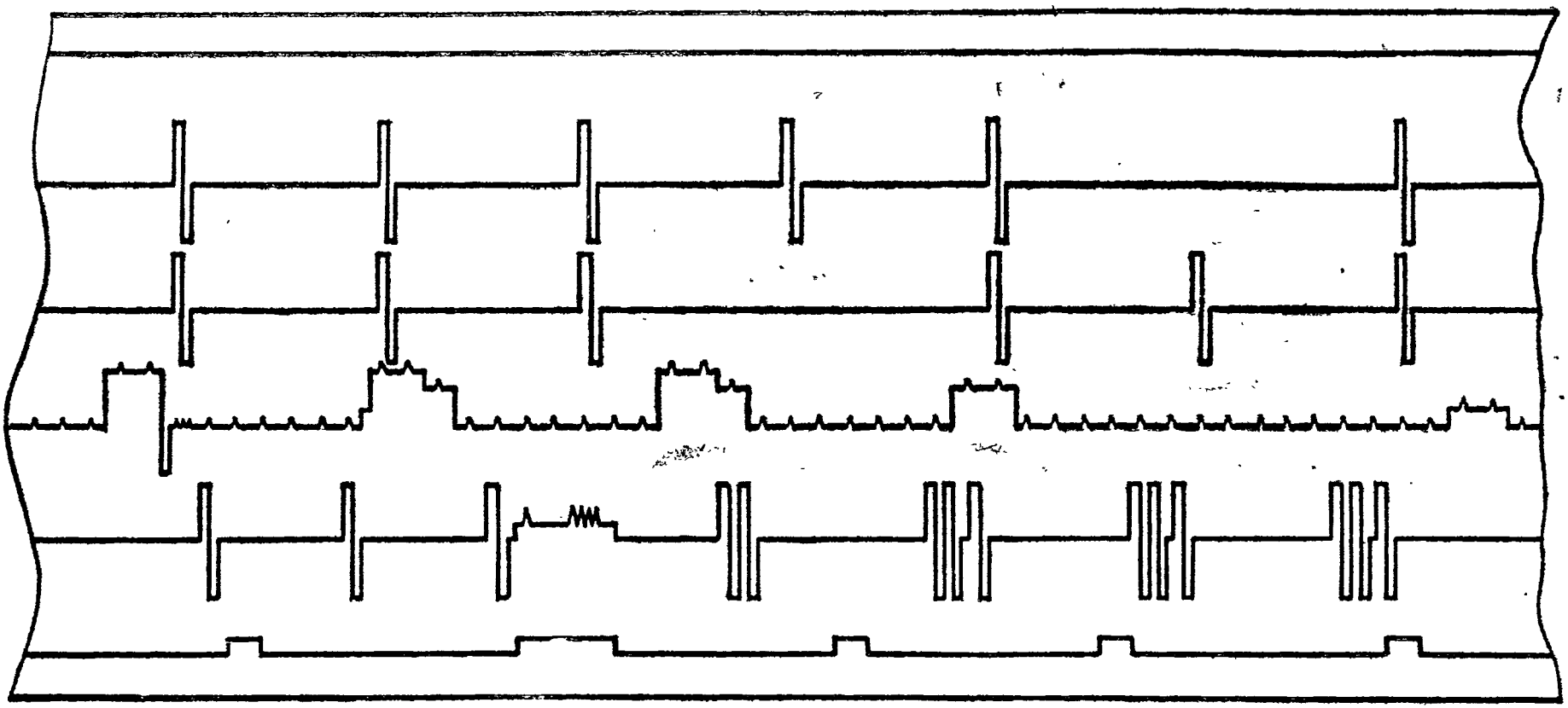


Рис. 11.3. Запись эталонной ленты регистрирующего прибора комплекса АЗК-5

этом на ленте регистрирующего прибора производится запись контрольных сигналов;

устанавливают на регистрирующем приборе после прекращения ускоренного продвижения ленты выключатель ПРОТЯЖКА в положение ВЫКЛ.;

сравнивают записи контрольных сигналов с записями на эталонной ленте и делают вывод о работоспособности стойки СТ-2 и регистрирующего прибора.

На контрольной ленте при исправной аппаратуре должны быть записи:

семи контрольных сигналов по 1-му каналу, шести контрольных сигналов по 2-му и 3-му каналам;

отметок выделения начал по контрольным сигналам 2-го канала (кроме четвертого сигнала), по контрольным сигналам 3-го канала (кроме пятого сигнала); отметок выделения начал не должно быть по всем контрольным сигналам 1-го канала;

отметок об опознании сигналов и номера группы после шестого контрольного сигнала на 2-м и 3-м каналах.

Кроме того, на ленте должны быть записи меток 100 мс, 1 с, 10 с и грубого времени.

Проверка проводной связи с центральным пунктом проводится после прокладки кабельной линии между базным и центральным пунктами и подключения ее к линейным щиткам Щ-1 (на МБП) и Щ-2 (на АМЦП).

Для проведения проверки на пульте ПЛ-1:

устанавливают выключатель ЗВ. СИГНАЛ — ВЫКЛ. в положение ЗВ. СИГНАЛ; если при этом включается звонковая сигнализация и загорается лампа ОБРЫВ, необходимо проверить правильность и надежность подключения кабеля к клеммам С1 — С2 щитка Щ-1 или устранить неисправность на линии, если есть уверенность, что питание линии на АМЦП включено (реле, включающее сигнальную лампу ОБРЫВ запитывается током, поступающим из АМЦП);

устанавливают переключатели РЕЖИМ СВЯЗИ и РЕЖИМ РАБОТЫ в положения соответственно ЛИНИЯ и СВЯЗЬ, при этом загораются лампы ЛИНИЯ и СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ; переключатель НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ переводят в положение С-2; нажимают кнопку на микрофоне и голосом вызывают центральный пункт;

отпускают кнопку после окончания передачи и ожидают ответ через громкоговоритель пульта;

регулируют громкость приема с помощью регулятора ГРОМКОСТЬ С-2.

Установление и проверка радиосвязи с центральным пунктом осуществляются только при наличии разрешения на работу радиосредств. Для этого на пульте ПЛ-1 устанавливают переключатель РЕЖИМ СВЯЗИ в положение РАДИО, при этом в громкоговорителе пульта должен прослушиваться характерный шум принимающей радиостанции, а загорание сигнальной лампы РАДИО

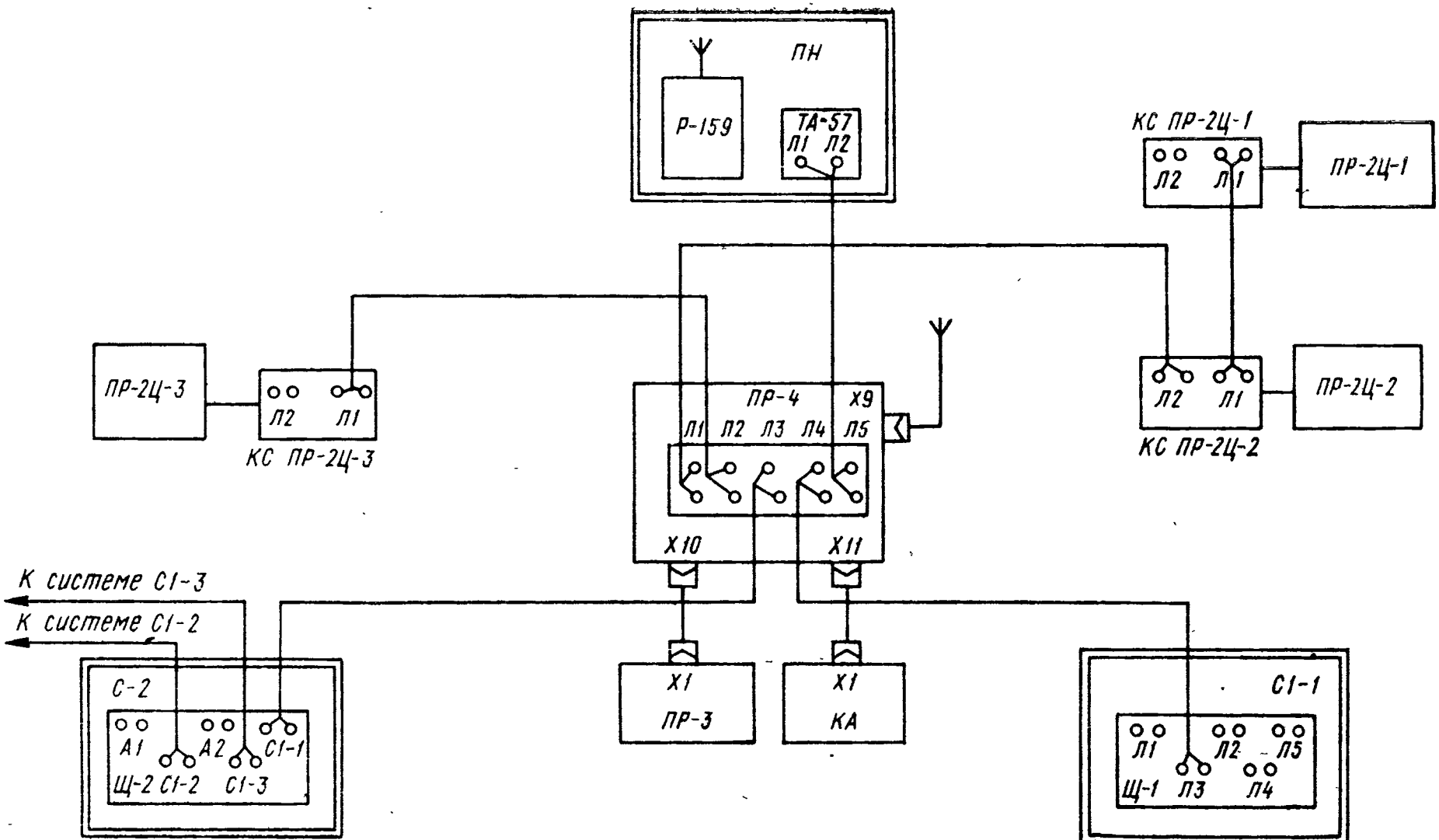


Рис. 11.4. Схема подключения приборов базного пункта комплекса АЗК-7 при работе в выносном варианте их размещения

свидетельствует о выбранном режиме связи. Включение и настройка радиостанций (№ 1 — передающая, № 2 — принимающая) производятся в соответствии с инструкцией по их эксплуатации. При получении вызова с центрального пункта регулируют громкость приема с помощью регулятора ГРОМКОСТЬ С-2. Вести радиосвязь следует с использованием таблиц служебного радиообмена и позывных должностных лиц.

Особенности развертывания аппаратуры машины базного пункта звукометрического комплекса АЗК-7

Разбивка акустических баз, определение их элементов и развертывание аппаратуры базных пунктов при работе комплекса АЗК-7 производятся аналогично выполнению этих работ на комплексе АЗК-5, за исключением выбора мест для установки звукоприемников ЗП-1, которые в комплексе АЗК-7 не являются автоматическими предупредителями, а служат лишь для разделения акустических сигналов на принятые с фронта (полезные) и с тыла (помехи) сигналы. Эти звукоприемники устанавливают в направлении района разведки на удалении 15—25 м от звукоприемников ЗП-2. Кроме того, для обеспечения наблюдения за выносными приборами акустических баз развертываются посты наблюдения (ПН).

В зависимости от условий обстановки при боевой работе базных пунктов комплекса АЗК-7 различают два варианта размещения аппаратуры: выносной, при котором аппаратура первичной обработки информации, как и звукоприемники, размещается на местности вне автомобиля, и другой вариант, при котором аппаратура первичной обработки, кроме звукоприемников, находится внутри кузова. Очевидно, что первый случай возможен при развертывании базных пунктов на открытой местности, когда скрытное размещение автомобилей затруднительно. Если же выбранные позиции базных пунктов обеспечивают скрытное размещение автомобилей и личного состава от наземного и воздушного наблюдения противника, боевую работу ведут в соответствии со вторым вариантом.

Схема подключения приборов базного пункта при работе звукометрического комплекса в выносном варианте приведена на рис. 11.4. При этом развертывают акустическую базу в такой последовательности:

соединяют коробки соединительные КС ПР-2Ц-1 и КС ПР-2Ц-2 отрезком полевого кабеля длиной 15—25 м;

устанавливают на разъем Х2 прибора ПР-3 заглушку, находящуюся в сумке с выносным имуществом;

устанавливают на коробках соединительных КС ПР-2Ц-1 выключатели 1—2, 3 в положение 1, а на КС ПР-2Ц-2 и КС ПР-2Ц-3 — в положения 2, 3;

заземляют выносные приборы и устанавливают их на подго-

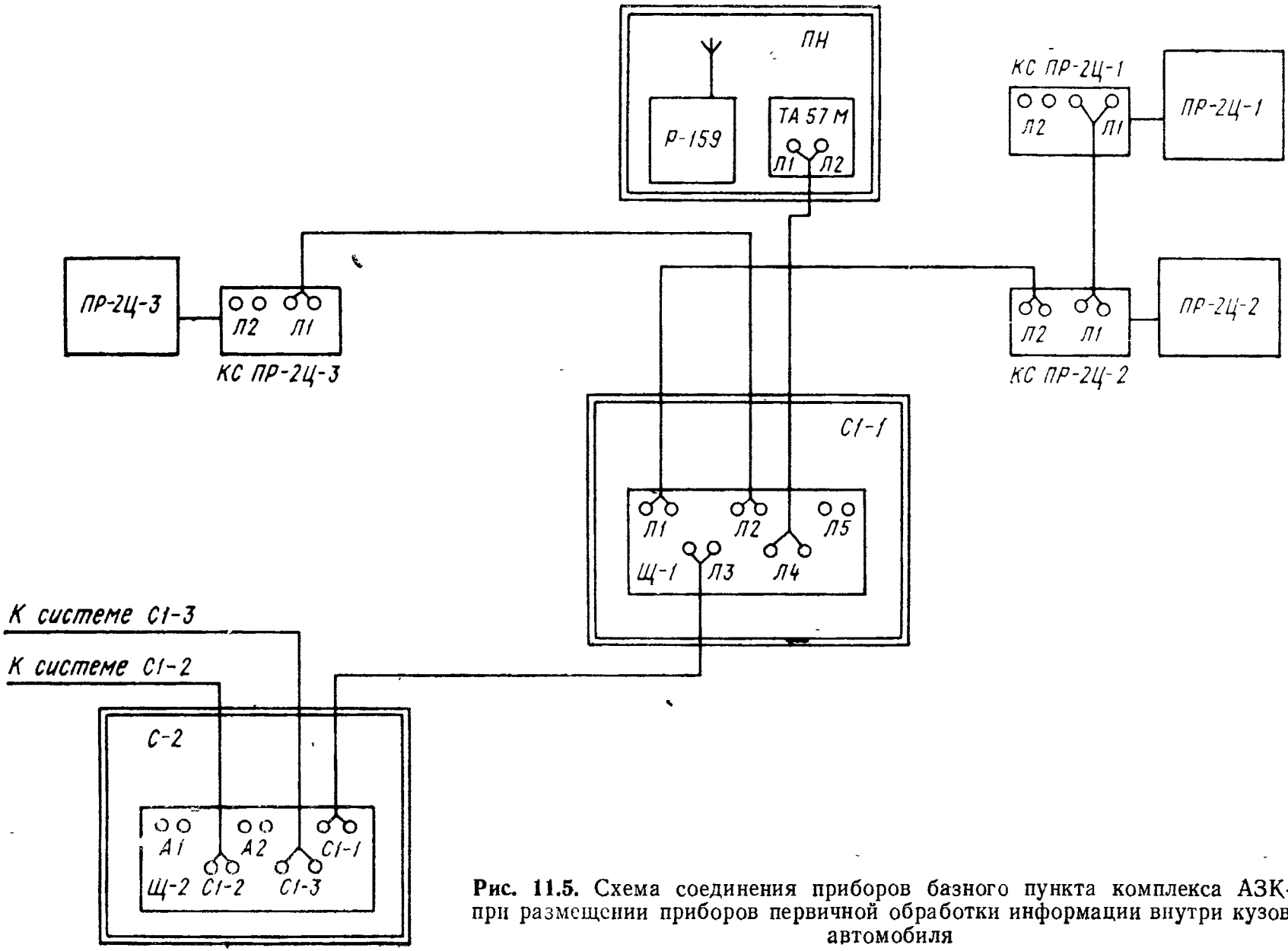


Рис. 11.5. Схема соединения приборов базного пункта комплекса АЗК-7 при размещении приборов первичной обработки информации внутри кузова автомобиля

товленные места таким образом, чтобы верхние крышки приборов ПР-3, ПР-4 и коробки аккумуляторной (КА) находились в окопах на уровне земли, а звукоприемники располагались в окопах на глубине 0,5—0,6 м. Такая установка приборов обеспечивает защиту от осколков, ветра и других неблагоприятных факторов;

укрывают выносные приборы и маскируют их;

устанавливают автомобиль базного пункта на удалении до 2 км от акустической базы в месте, недоступном для наблюдения противника, при необходимости производят маскировку.

В случае работы аппаратуры первичной обработки информации внутри кузова автомобиля подключение приборов осуществляется в соответствии с рис. 11.5, при этом кузов автомобиля и корпус бензоэлектрического агрегата должны быть надежно заземлены.

Перед включением питания убеждаются, что органы управления аппаратуры находятся в исходном положении:

на щите ЩАЗ рукоятка силового автомата находится в положении 0, выключатели ОСВЕЩЕНИЕ — АЗС: левый — в положении ОТКЛ., правый — в нейтральном положении, выключатель ТРАНСФОРМАТОР — в нижнем положении;

на щите питания (ЩП) выключатели БОРТСЕТЬ, ВЫПРЯМИТЕЛЬ, АККУМУЛЯТОР в положении ОТКЛ., переключатель АККУМУЛЯТОР БУФЕР — ЗАРЯД в положении 0;

на коробке распределения питания КРП-6 все переключатели в положении ОТКЛ.;

на стойке СТ-12 все выключатели в нижнем положении;

на пульте ПЛ-6 переключатель ПИТАНИЕ, выключатели Г-290, ЭМДП и ТОК 12САМ-28 в положении ВЫКЛ.;

на пульте ПЛ-11 переключатель Р-159 в положении ПЛ-11, переключатель СВЯЗЬ в положении ЛИНИЯ, выключатель КОНТРОЛЬ ЛИНИИ С1-ПР4 в положении ВЫКЛ., регулятор ГРОМКОСТЬ в крайнем правом положении;

на РП выключатель ПРОТЯЖКА в положении ВЫКЛ., выключатель НАКАЛ в положении 3В, выключатель ПИТАНИЕ в положении ВЫКЛ.;

на пульте ПЛ-14 все выключатели в нижнем положении;

на щитке блокировки (над дверью кузова) выключатели блокировки в положении ВКЛ.

Положение остальных органов управления произвольное.

Включение электропитания аппаратуры базного пункта производится в следующем порядке:

пускают бензоэлектрический агрегат;

устанавливают выключатель нагрузки агрегата в положение ВКЛ., при этом на щите ЩАЗ загорается лампа СЕТЬ;

устанавливают рукоятку силового автомата ЩАЗ в положение 1 и по вольтметру на коробке КРП-6 контролируют напряжение (220 ± 10) В;

устанавливают выключатель ТРАНСФОРМАТОРЫ в положение ВКЛ., при этом должны загореться сигнальные лампы ТРАНСФОРМАТОРЫ;

устанавливают правый выключатель ОСВЕЩЕНИЕ в положение АЗС, левый — в положение ОТ СЕТИ, при этом должны гореть лампы общего освещения;

устанавливают на щите питания выключатель ВЫПРЯМИТЕЛЬ в положение ВКЛ.;

выбирают режим работы аккумулятора ЗАРЯД — БУФЕР, переводя переключатель режима в положение ЗАРЯД для разряженного аккумулятора или в положение БУФЕР, если аккумулятор заряжен;

устанавливают выключатель БОРТСЕТЬ в положение ВКЛ.;

устанавливают на коробке КРП-6 переключатель ~220 В в положение РАБОТА, переключатель ПИТАНИЕ — в положение СЕТЬ, выключатель РОД РАБОТ — в положение В СИСТ., переключатель ЗАРЯД АБР СЕТЬ ~220 В — в положение ВКЛ.;

устанавливают на блоке БЛ-22М стойки СТ-12 выключатель СЕТЬ ~220 В в положение ВКЛ., при этом загораются лампа СЕТЬ ~220 В и светодиод ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ 12В, устанавливают переключатель коммутации цепей аккумуляторных батарей радиостанций АБР в положения АБР-1, АБР-2 или АБР-3;

устанавливают на блоке БЛ-20М стойки СТ-12 выключатель СЕТЬ ~220 В в положение ВКЛ., при этом загорается сигнальная лампа СЕТЬ ~220В и по вольтметру блока БЛ-15М ВЫХ. НАПРЯЖЕНИЕ 24В контролируют выходное напряжение этого блока (24 В);

устанавливают на блоке БЛ-30 стойки СТ-12 выключатель СЕТЬ ~220 В в положение ВКЛ., при этом загорается светодиод 12В, на пульте ПЛ-14 загорается индикаторное табло, в динамике пульта ПЛ-11 прослушиваются сигналы контроля линии С1 — С2; выключатель РС устанавливают в положение ВЫПР., коммутируя цепь питания радиостанции с выходом выпрямительного устройства;

устанавливают на регистрирующем приборе выключатель ПРОТЯЖКА в положение ПРОТЯЖКА, а выключатель ПИТАНИЕ — в положение ВКЛ.

Для включения питания аппаратуры от аккумуляторных батарей:

устанавливают органы управления аппаратуры в исходное положение;

включают ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ МАССЫ, расположенный с правой стороны под дверью кузова;

устанавливают на щите питания выключатель АККУМУЛЯТОР в положение ВКЛ., а переключатель режима работы — в положение БУФЕР;

устанавливают на щите ЩАЗ выключатель ОСВЕЩЕНИЕ в положение ОТ АККУМУЛЯТОРА и АЗС;

устанавливают на пульте ПЛ-6 переключатель ПИТАНИЕ в положение ВКЛ. и по вольтметру на лицевой панели пульта контролируют значение напряжения аккумуляторной батареи, которое должно быть в пределах (24 ± 1) В;

устанавливают на коробке КРП-6 переключатель ПИТАНИЕ в положение АККУМ., а переключатель ~220 В — в положение РАБОТА;

устанавливают на блоке БЛ-15М стойки СТ-12 выключатель 1АБ24В в положение ВКЛ., при этом должен загореться светодиод 1АБ24В;

устанавливают на пульте ПЛ-14 выключатель ПИТ. в верхнее положение, при этом загорается индикаторное табло, а в динамике пульта ПЛ-11 прослушиваются сигналы контроля линии С1 — С2;

соединяют разъем Х2 на блоке БПРП-24 кабелем питания от регистрирующего прибора;

устанавливают на регистрирующем приборе выключатель ПРОТЯЖКА в положение ПРОТЯЖКА, а выключатель ПИТАНИЕ — в положение ВКЛ.

Для проверки работоспособности схемы переключения источников питания при пропадании и появлении напряжения 220 В выполняют следующие операции:

включают питание аппаратуры от бензоагрегата;

включают ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ МАССЫ, расположенный с правой стороны под дверью кузова;

устанавливают на щите питания выключатель АККУМУЛЯТОР в положение ВКЛ., а переключатель режима работы — в положение БУФЕР;

устанавливают на пульте ПЛ-6 переключатель ПИТАНИЕ в положение ВКЛ.;

устанавливают на коробке КРП-6 переключатель ПИТАНИЕ в положение АВТОМАТ;

устанавливают на блоке БЛ-15М стойки СТ-12 выключатель 1АБ24В в положение ВКЛ.;

устанавливают на пульте ПЛ-14 выключатель включения питания ПИТ. в положение ВКЛ.;

устанавливают рукоятку силового автомата ЩАЗ в положение 0, имитируя пропадание напряжения 220 В, при этом аппаратура базного пункта (кроме регистрирующего прибора и радиостанции Р-159) должна продолжать работу от аккумуляторных батарей;

устанавливают выключатель ОСВЕЩЕНИЕ на щите ЩАЗ в положение ОТ АККУМУЛЯТОРА.

Особенности проверки работоспособности аппаратуры машины базного пункта комплекса АЗК-7

Проверка работоспособности аппаратуры базного пункта включает:

проверку исправности питания аппаратуры первичной обработки информации;

проверку исправности звукоприемников и линий связи с ними;

проверку установки коэффициента передачи звукоприемников;

функциональную проверку звукоприемников и прибора ПР-3, а также записи контрольных кодограмм на ленту регистрирующего прибора;

проверку автоматического перехода технической связи с проводной линии на радиоканал в случае неисправности проводной линии связи;

проверку исправности питания аппаратуры первичной обработки информации в выносном варианте.

Проверка исправности питания аппаратуры первичной обработки информации производится в следующем порядке:

нажимают на приборе ПР-4 кнопку КОНТРОЛЬ I, при этом должны загореться светодиоды 27 I и 27 II, что свидетельствует о нормальной работе преобразователя напряжения с выходным его значением 27 В;

нажимают на приборе ПР-4 кнопку КОНТРОЛЬ II при отключенной линии связи с АМЦП, при этом должны загореться светодиоды +7, —7 и ЛС, что свидетельствует о нормальной работе преобразователя напряжения с выходным его значением 7 В и обрыве линии связи с АМЦП.

Проверку считают законченной, если обеспечивается световая сигнализация исправности питания.

Проверка исправности звукоприемников и линий связи с ними осуществляется через прибор ПР-3 и проводится в такой последовательности:

нажимают и отпускают кнопку на верхней крышке прибора ПР-3, при этом вырабатывается сигнал контроля. По этому сигналу в приборе ПР-3 вырабатывается синхрослово, которое включает контрольные генераторы всех звукоприемников. Сформированный генераторами контрольный сигнал от звукоприемников через линии связи поступает на вход прибора ПР-3 и обрабатывается, как и рабочие сигналы. Результатом обработки является кодограмма с признаком «контрольная» (наличие единицы в девятом бите кодограммы. См. рис. 9.2), которая через прибор ПР-4 поступает в АМЦП. Если звукоприемниками контрольный сигнал сформирован и контрольная кодограмма передана в прибор ПР-4, светодиоды, расположенные на верхней крышке прибора ПР-3, загорятся четыре раза с интервалом в 1 с и погаснут. Если же звукоприемники контрольный сигнал не сформировали или прибор ПР-3 обработал его неправильно, мигания светодиодов не произойдет. На время каждого нажатия кнопки прибора ПР-3 должны загораться все пять светодиодов на верхней крышке прибора, обозначенные цифрами 0, 1, 2, 4, 8. После нажатия и отпускания кнопки должен гореть светодиод, обозначенный цифрой 1;

нажимают второй раз в течение 4 с кнопку прибора ПР-3, при этом светодиод, обозначенный цифрой 1, гаснет и устанавливается режим контроля звукоприемников и линий связи, о чем свидетельствует загорание светодиода 2. В случае нормального функционирования звукоприемников и линий связи через 8 с должен погаснуть светодиод 2. В случае неисправностей в линиях связи меж-

ду звукоприемниками и прибором ПР-3, между прибором ПР-3 и АМЦП (обрыв или короткое замыкание) вырабатываются сигналы неисправностей, характеризующие соответствующие повреждения, которые выводятся на индикацию светодиодами на верхней крышке прибора ПР-3. При этом свечение светодиодов будет указывать на следующие неисправности:

светодиод 0 — при неисправности линии связи к звукоприемникам ЗП-1 и ЗП-2;

светодиод 1 — при неисправности звукоприемника ЗП-1;

светодиод 2 — при неисправности звукоприемника ЗП-2;

светодиод 4 — при неисправности звукоприемника ЗП-3;

светодиод 8 — при неисправности линии связи к звукоприемнику ЗП-3.

Проверка установки коэффициента передачи звукоприемников ЗП-2 и ЗП-3 (уровней усиления принимаемых сигналов) может проводиться в двух режимах: автоматическом и ручном.

Автоматический режим. Для проверки установки коэффициента передачи указанных звукоприемников нажимают три раза и отпускают кнопку на крышке прибора ПР-3 в течение 4 с, при этом на светодиодном табло, расположенном на верхней крышке прибора ПР-3, через 8 с после последнего нажатия и отпускания кнопки в течение 64 с должно наблюдаться «перемигивание» светодиодов, что свидетельствует об установлении такого уровня усиления принимаемых сигналов звукоприемниками ЗП-2 и ЗП-3, при которых создается режим устойчивой работы этих каналов.

Ручной режим. Такой режим предусматривает ручную установку коэффициента усиления систем АРУ (автоматической регулировки усиления) звукоприемников ЗП-2 и ЗП-3. Соответствующий коэффициент усиления устанавливается с помощью выключателей К РУЧН., расположенных на пульте ПЛ-14 и обозначенных цифрами 1, 2, 4, 8, при этом необходимо иметь в виду, что коэффициент усиления, равный единице, устанавливают включением выключателя 1; коэффициент усиления, равный двум, — включением выключателя 2; коэффициент усиления, равный трем, — выключателей 1 и 2, т. е. сумме цифр 1 и 2, и т. д. Выключатель установки вида усиления К (ручного или автоматического) устанавливают в положение РУЧН. После этого три раза нажимают и отпускают кнопку прибора ПР-3 в течение 4 с, при этом сигнал, формируемый специальным генератором, подается на звукоприемники ослабленным; система АРУ звукоприемников вырабатывает нужный коэффициент усиления, чтобы обрабатываемый сигнал при записи на ленту регистрирующего прибора имел постоянную амплитуду, а на светодиодном табло будет происходить свечение тех светодиодов, контрольная сумма которых установлена на пульте ПЛ-14 выключателями К РУЧН. 1, 2, 4, 8.

Поочередно изменяя комбинацию установки выключателей К РУЧН. на пульте ПЛ-14 от 15 (1 + 2 + 4 + 8) до 0 и нажимая

три раза кнопку прибора ПР-3, убеждаются в соответствии индикации на табло выбранной установке выключателей на пульте. Боевую работу ведут при такой установке коэффициента усиления звукоприемников, при которой создается режим устойчивой работы 2-го и 3-го каналов.

Функциональная проверка звукоприемников и прибора ПР-3 проводится в следующем порядке:

устанавливают на регистрирующем приборе выключатели ПИТАНИЕ и ПРОТЯЖКА в положение ВКЛ.;

нажимают на крышке прибора ПР-3 кнопку один раз, при этом на его светодиодном табло загораются все пять светодиодов; кнопку отпускают;

через 8 с после этого загораются четыре раза с интервалом 1 с все пять светодиодов, после чего гаснут, а на ленте регистрирующего прибора производится запись контрольного сигнала, которую сравнивают с записью эталонной ленты (рис. 11.6). Результат функциональной проверки звукоприемников и прибора ПР-3 контролируется пультом ПЛ-14. Для этого на его панели нажимают кнопку С при всех опущенных выключателях пульта, после чего должен загореться светодиод девятого бита (контрольная кодограмма). Отсутствие свечения этого светодиода свидетельствует о том, что функциональная проверка прошла с ошибкой. Проверку повторяют.

При четырех нажатиях кнопки на крышке прибора ПР-3 в течение 4 с вырабатывается сигнал сброса всех режимов контроля и прибор ПР-3 переводится в рабочий режим. В рабочем режиме при отсутствии полезных сигналов в течение 43 мин прибором ПР-3 самостоятельно включается режим контроля, соответствующий первому нажатию кнопки на приборе ПР-3, при этом производится запись сигнала на ленту регистрирующего прибора, а также прослушивается короткий зуммер в динамике пульта ПЛ-11.

Проверка автоматического перехода технической связи с проводной линии на радиоканал в случае неисправности проводной линии связи проводится в таком порядке:

отключают линию связи, идущую к АМЦП от клемм щитка Щ-1;

включают питание аппаратуры, при этом горящий светодиод ЛС сигнализирует, что линия связи с системой С-2 неисправна, а в динамике пульта ПЛ-11 прослушиваются первоначально непрерывный, а затем прерывистый тональные сигналы;

подключают линию связи от АМЦП, при этом через 10 с светодиод ЛС погаснет, а звуковые тональные сигналы прекратятся, что свидетельствует об исправности линии связи. Радиоканал отключится.

Проверка исправности аппаратуры первичной обработки информации в выносном варианте производится аналогично проверке аппаратуры при ее размещении в кузове. Если при проверке исправности питания светодиод, обозначенный +7, мигает, а светодиод, обозначенный —7, горит постоянно, необходимо заменить

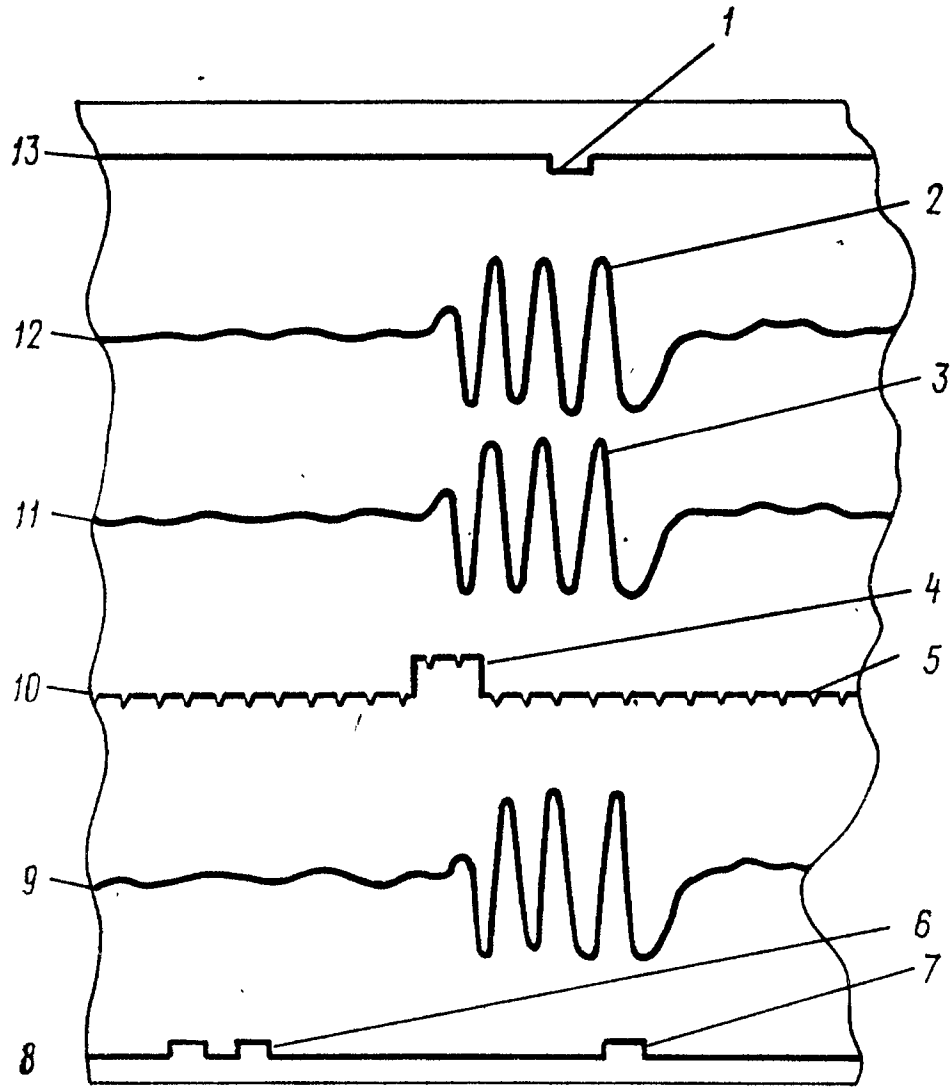


Рис. 11.6. Запись эталонной ленты регистрирующего прибора комплекса АЗК-7:

1 — сигнал опознания; *2* — сигнал 3-го канала; *3* — сигнал 2-го канала; *4, 7* — сигнал опознания; *5* — метка 100 мс; *6* — адрес записи сигнала; *8* — канал НО; *9* — 1-й канал; *10* — канал «Нач. ОП»; *11* — 2-й канал; *12* — 3-й канал; *13* — канал ВО

аккумуляторную батарею, так как это свидетельствует о том, что ее напряжение меньше 10 В.

Выполнением этой проверки завершается контроль работоспособности аппаратуры базного пункта звукометрического комплекса АЗК-7.

В зависимости от наличия времени возможна более полная проверка функционирования аппаратуры базного пункта, которая проводится с использованием комплекта мнемонических схем базного пункта. В условиях недостатка времени объем работ при проведении указанных проверок может быть значительно сокращен или может не проводиться вообще. В этом случае проверки функционирования аппаратуры целесообразно проводить в случае отклонений в ее работе от нормального режима в зависимости от предполагаемых причин неисправностей.

Действия командира взвода звуковой разведки в ходе развертывания

Командир взвода звуковой разведки несет ответственность за своевременное развертывание базных пунктов, их топогеодезическую привязку, бесперебойную работу средств связи между базными и центральным пунктами, а также подготовку к работе и работу аппаратуры и приборов взвода.

При проведении рекогносцировки рубежа развертывания базных пунктов командир взвода оценивает возможность их размещения в намеченных по карте командиром подразделения местах. В ходе развертывания базных пунктов командир взвода звуковой разведки руководит действиями личного состава.

При организации проводной связи между центральным и базными пунктами он контролирует правильность определения радиотелефонистами магнитных азимутов направлений движения к местам своих базных пунктов, указанных командиром подразделения. В случае разрешения работы на радиосвязи командир взвода оценивает возможность ее организации и уточняет командирам отделений основные и запасные радиочастоты для связи с центральным пунктом, проверяет знание личным составом сигналов управления и оповещения, контролирует готовность радиосредств к использованию и правильность выбора вида антенн в зависимости от условий размещения автомобилей базных пунктов.

При разбивке и топогеодезической привязке акустических баз командир взвода обращает особое внимание на правильное использование приборов при работе, недопущение аварийных ошибок, приводящих к выходу из строя аппаратуры и приборов топогеодезической привязки, на проведение вычислений при разбивке акустических баз и определение их элементов, на точность составления карточек топогеодезической привязки базных пунктов.

При проведении работ по инженерному оборудованию и маскировке базных пунктов командир взвода определяет их содержание, очередность и сроки выполнения. При подготовке аппаратуры базных пунктов к работе и проведении ее функционального контроля командир взвода проверяет техническое состояние аппаратуры. В случае выхода из строя отдельных приборов или блоков принимает решение о выборе необходимого режима работы аппаратуры с последующим докладом об этом командиру подразделения. Кроме того, командир взвода принимает меры к организации непосредственного охранения и самообороны каждого базного пункта после выполнения основных работ по их развертыванию, а также предусматривает готовность личного состава и приборов для работы базных пунктов в аварийных ситуациях.

Находясь на одном из базных пунктов, командир взвода звуковой разведки контролирует работу личного состава. Он должен быть готов взять на себя управление подразделением звуковой разведки в случае выхода из строя центрального пункта.

11.4. Развертывание центрального пункта, метеорологического поста подразделения звуковой разведки

Общие положения

При развертывании центрального пункта подразделения звуковой разведки личный состав выполняет следующие работы:

размещает автомобили центрального пункта и подключает к ним кабельные линии связи;

развертывает бензоэлектрические агрегаты;

подготавливает аппаратуру к боевой работе;

устанавливает проводную связь (радиосвязь) с базными пунктами, постом наблюдения и связи, старшим начальником;

развертывает метеорологический пост.

После проведения основных мероприятий по развертыванию центрального пункта выполняют работы по инженерному оборудованию и маскировке, организуют непосредственное охранение и самооборону пункта.

При размещении автомобилей центрального пункта комплекса АЗК-5 АМЦП и МРЦП располагают на удалении 10—20 м один от другого, при этом, если предполагается работа только на проводных средствах связи, используется лишь АМЦП, при работе на радиосредствах АМЦП и МРЦП работают совместно.

При соединении аппаратуры этих систем звукометрического комплекса проводными линиями связи кабели подключают к линейным щиткам Щ-2 и Щ-3.

К щитку Щ-2 АМЦП подключают:

кабели от первого (правого), второго (среднего) и третьего (левого) базных пунктов к клеммам С1-1, С1-2 и С1-3 соответственно;

кабель Р-107М от МРЦП — к разъему Р-107М (Ш7);

кабель Р-123М от МРЦП — к разъему Р-123М (Ш9). Подключение этих двух кабелей проверяют особенно тщательно, так как ошибочное их подключение (одного вместо другого) приводит к выходу из строя блока БЛ-15 стойки СТ-5;

кабель от абонента А1 — к клеммам А1;

кабель от абонента А2 — к клеммам А2;

кабель от поста наблюдения и связи — к клеммам ПР-1.

К щитку Щ-3 МРЦП подключают:

кабель от разъема Ш7 АМЦП — к разъему Р-107М (Ш2);

кабель от разъема Ш9 АМЦП — к разъему Р-123М (Ш4).

В случае работы с комплексом АЗК-7 к щитку Щ-2 АМЦП подключают:

кабели от первого (правого), второго (среднего) и третьего (левого) базных пунктов к клеммам С1-1, С1-2 и С1-3 соответственно;

кабели от абонентов А1 и А2 — к клеммам А1 и А2 соответственно.

Развертывание и включение бензоэлектрического агрегата

АБ1-0/230 производят в соответствии с инструкцией по эксплуатации, соблюдая следующие меры безопасности:

корпус агрегата заземлить проводом сечения не менее 2,5 мм²;

при включении агрегата убедиться в отключении всех потребителей, нагружать агрегат плавно, последовательным включением нагрузки;

при запуске двигателя применять поверхностный хват рукой заводной рукоятки агрегата.

Подготовка аппаратуры центрального пункта к боевой работе

Подготовка аппаратуры центрального пункта к боевой работе производится в таком порядке:

включают электропитание аппаратуры АМЦП и МРЦП;

проверяют работоспособность схемы автоматического переключения источников питания АМЦП и МРЦП;

проводят автономный контроль аппаратуры;

подготавливают к работе ЦВМ;

проверяют проводную связь и радиосвязь с базными пунктами;

синхронизируют и сверяют единое время;

проводят совместный контроль аппаратуры базных и центрального пунктов.

Включение электропитания аппаратуры АМЦП производится в следующем порядке:

проверяют исходное положение органов управления аппаратуры;

проверяют наличие входного напряжения по свечению левой сигнальной лампы на ЩАЗ;

устанавливают переключатель на распределительной коробке в положение РАБОТА;

устанавливают рукоятку силового автомата ЩАЗ в верхнее положение, при этом должна загореться правая сигнальная лампа АВТОМАТ ВКЛЮЧЕН;

проверяют по вольтметру СЕТЬ 220 В блока БЛ-27 стойки СТ-9 напряжение, которое должно быть в пределах (220±10) В;

устанавливают выключатели СЕТЬ ~220 В на блоках БЛ-12, БЛ-22 и БЛ-23 стойки СТ-8, на блоках БЛ-20 и БЛ-16 стойки СТ-5 в положение ВКЛ., при этом на указанных блоках должны загореться сетевые сигнальные лампы, а также лампа ПИТ. СТА ~127В и светодиод 80 В на блоке БЛ-16 (стрелка прибора ВЫХ. НАПРЯЖЕНИЕ на блоке БЛ-24 стойки СТ-8 должна установиться в пределах закрашенного сектора, что свидетельствует о наличии выходного напряжения 24 В);

устанавливают переключатель ПИТ. СТА ~ 127В в положение АВТ. (автоматический режим включения СТА);

устанавливают на блоке БЛ-12 стойки СТ-8 переключатель АВТОМАТ в верхнее положение, а выключатель РУЧНОЕ — в положение ВЫКЛ.;

устанавливают переключатель РС на блоке БЛ-22 стойки СТ-8 в положение ВЫПР., при этом должен загореться светодиод КОНТРОЛЬ ВЫХ. НАПР.;

нажимают и отпускают на блоке БЛ-12 стойки СТ-8 в случае загорания одного или двух светодиодов ПРИ ЗАГОРАНИИ НАЖАТЬ соответствующие кнопки 1АБ24В или 2АБ24В для устранения возможного дребезга контактов;

включают питание телеграфного аппарата СТА, установив выключатели В-1 и В-2 в положение ВКЛ.;

проверяют по прибору щитка АЩ-67 ток электромагнита при нажатой кнопке ШУНТ, значение которого должно быть в пределах (45±5) мА, при необходимости производят регулировку с помощью потенциометра, расположенного на щитке АЩ-67;

включают вентилятор обдува ЦВМ;

включают ЦВМ нажатием кнопки ПИТАНИЕ ВКЛ. на пульте ЦВМ или кнопки ВКЛ. на блоке питания ЦВМ;

нажимают последовательно кнопки СБРОС и ПУСК на пульте ЦВМ, при этом ее световое табло должно обнулиться;

убеждаются в наличии напряжения на приборах аппаратуры. При этом на пульте ПЛ-2 должны гореть индикаторные лампы ЛИНИЯ; на стойке СТ-4 должна гореть лампа ТЕРМОСТАТ — РАБОТА блока БЛ-6, при одновременном нажатии двух кнопок СБРОС блока БЛ-11 включится телеграфный аппарат; при нажатии кнопки ПУСК на этом блоке загорится лампа РАБОТА; на пульте управления ЦВМ должны гореть индикаторные лампы питающих напряжений 4 В, 6,3 В, 12,6 В, 15 В, такие же лампы будут гореть на блоке питания ЦВМ.

Включение электропитания МРЦП производится в следующем порядке:

убеждаются в наличии входного напряжения по горению левой сигнальной лампы на ЩАЗ;

устанавливают переключатель на распределительной коробке в положение РАБОТА;

устанавливают рукоятку силового автомата ЩАЗ в верхнее положение и по загоранию лампы АВТОМАТ ВКЛЮЧЕН убеждаются в наличии напряжения на выходе щита, а по вольтметру СЕТЬ 220 В на блоке БЛ-27 стойки СТ-10 контролируют его значение, которое должно быть (220±10) В;

устанавливают выключатели СЕТЬ 220В на блоках БЛ-23, БЛ-12 и БЛ-22 стойки СТ-6 в положение ВКЛ., при этом должны загореться сетевые сигнальные лампы, а стрелка прибора ВЫХ. НАПРЯЖЕНИЕ на блоке БЛ-24 стойки СТ-6 должна установиться в пределах закрашенного сектора;

устанавливают на блоке БЛ-12 выключатель АВТОМАТ — ВЫКЛ. в положение АВТОМАТ, выключатель РУЧНОЕ — в положение ВЫКЛ., переключатель ПИТАНИЕ Р-123-1 — в положение БЛ-24;

устанавливают выключатель РС на блоке БЛ-22 стойки СТ-6 в положение ВЫПР.;

устанавливают выключатель СЕТЬ 220В на блоке БЛ-28 стойки СТ-10 в положение ВКЛ., при этом загораются лампа СЕТЬ 220В и светодиод КОНТРОЛЬ ВЫХ. НАПРЯЖЕНИЯ 6В ± 10%.

Работоспособность схемы автоматического переключения источников питания АМЦП проверяют следующим образом:

устанавливают на блоке БЛ-12 стойки СТ-8 переключатель АВТОМАТ в верхнее положение, а оба переключателя РУЧНОЕ — в положение ВЫКЛ.;

выключают выключатели СЕТЬ 220В блоков БЛ-12, БЛ-23 и БЛ-20, при этом сигнальные сетевые лампы этих блоков гаснут, стрелка прибора на блоке БЛ-24 устанавливается в нулевое положение, а светодиоды на блоках БЛ-13 и БЛ-15 стойки СТ-5 должны гореть;

включают выключатели СЕТЬ 220В блоков БЛ-20, БЛ-23 и БЛ-12, при этом сигнальные сетевые лампы загораются, стрелка прибора на блоке БЛ-24 устанавливается в пределах закрашенного сектора, а светодиоды АККУМ. 24В (АККУМ.) на блоках БЛ-13 и БЛ-15 гаснут;

повторяют несколько раз включение и выключение указанных выключателей, убеждаясь при этом, что питание аппаратуры, в том числе ЦВМ, не прерывается. Исключение составляет телеграфный аппарат, так как для питания его электродвигателя необходимо переменное напряжение 127 В.

Для проверки работоспособности схемы автоматического переключения источников питания МРЦП несколько раз включают питание выключателями СЕТЬ 220В на блоках БЛ-12 и БЛ-23 и выключают его. При этом питание радиостанций Р-123М не должно

Таблица 11.2

Исходные данные для решения контрольной задачи № 3

Положения переключателей АДРЕС ДЗУС (№ ячейки)	Вводимая величина	Положения переключателей АДРЕС В ДЗУС (№ ячейки)	Вводимая величина
00	645000	15	029000
01	000000	16	000150
02	042000	17	000150
03	037000	20	000333
04	000150	21	000342
05	000150	22	000001
06	005667	23	000000
07	041295	24	000000
10	033000	25	000000
11	000150	26	000000
12	000150	27	000000
13	000000	30	000000
14	042000	31	000000
		32	000001

прерываться. Перевод питания радиостанции Р-123-1 с сети на аккумуляторы осуществляется только вручную, для чего переключатель ПИТАНИЕ Р-123-1 на блоке БЛ-12 стойки СТ-6 переводят из положения БЛ-24 в положение АККУМ.

Автономный контроль аппаратуры центрального пункта имеет целью проверку работоспособности аппаратуры вторичной обработки информации. Он включает решение контрольной задачи № 3 и совместную проверку ЦВМ с пультом ПЛ-8, стойкой СТ-4 и телеграфным аппаратом.

Контрольная задача № 3 составлена для автономной проверки исправности ЦВМ. Физический смысл этой задачи заключается в вычислении координат точки пересечения директрис акустических баз, значения которых заранее известно по введенным в ЦВМ исходным контрольным данным и подачей в ЦВМ сигнала, имитирующего поступление от базных пунктов времен с нулевой разностью времени. Исходные контрольные данные приведены в табл. 11.2. Они должны быть введены в ЦВМ всегда, кроме случая нахождения АМЦП на боевом порядке.

Ввод в ЦВМ исходных контрольных данных осуществляется в ДЗУС с пульта управления машиной в следующем порядке:

устанавливают выключатель АВТОРАЗР. на пульте управления ЦВМ в верхнее положение, что воспрещает получение какой-либо информации ЦВМ от стойки СТ-4, могущей повлиять на решение контрольной задачи, а переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ — в положение ЗАПИСЬ В ДЗУС, при этом загорается лампа ОСТАНОВ;

устанавливают переключатели АДРЕС В ДЗУС в положение 00, а переключатели ЧИСЛО В ДЗУС — в положение 645000;

нажимают последовательно и отпускают кнопки СБРОС ДЗУС и ЗАПИСЬ В ДЗУС;

производят аналогично запись по другим ячейкам ДЗУС, изменяя их номера и значения вводимых величин;

переводят переключатели АДРЕС В ДЗУС в положение ОТКЛ., а переключатели ЧИСЛО В ДЗУС — в положение 0.

Для проверки записанной в ДЗУС информации:

устанавливают на пульте ЦВМ выключатель АВТОРАЗР. в положение ОТКЛ.;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение АВТОМАТИЧЕСКИЙ;

нажимают последовательно кнопки СБРОС и ПУСК, при этом лампа ОСТАНОВ, гаснет, а лампа ПУСК загорается;

устанавливают на пульте ПЛ-8 (см. рис. 7.15) выключатель ДЗУС программы ПЕЧАТЬ в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, после чего выключатель ДЗУС переводят в нижнее положение, при этом на ленте телеграфного аппарата должно отпечататься содержание ДЗУС в виде:

02—42000 03—37000 04—150 05—150 06—5667 07—41295 10—33000 11—150 12—150 14—42000 15—29000 16—150 17—150 20—333 21—342 22—1,

где двузначные группы обозначают номера ячеек ДЗУС, а следующие за ними группы характеризуют содержание памяти данных ячеек. Нулевая информация, записанная в ячейки, а также нули перед первой значащей цифрой на печать не выводятся. Если в результате сравнения отпечатанной информации с данными ввода обнаружится несоответствие в некоторых ячейках, производят исправление путем повторной записи по адресам тех ячеек, где обнаружены ошибки.

Для непосредственного решения контрольной задачи № 3:

устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель КОНТР. ЗАДАЧА программы ПЕЧАТЬ в верхнее положение и нажимают три раза с интервалом 5 с кнопку ПУСК, выключатель переводят в нижнее положение;

контролируют отпечатывание на ленте телеграфного аппарата решение контрольной задачи в виде:

101 00-01 53001 32999 1 010101/101 2 010101/101

00-01 53001 32999 3 010101/,

где 101 — номер цели;

00-01 — астрономическое время расчета координат;

1, 2, 3 — номера усреднений при расчете координат;

53001, 32999 — координаты точки пересечения директрис акустических баз;

010101 — служебная группа;

сравнивают значения полученных в результате расчета ЦВМ координат с эталонными ($x = 53000$, $y = 33000$), при этом считают решение контрольной задачи № 3 правильным, если расхождение по каждой координате не превышает ± 10 м. В случае превышения допустимого предела проводят тестовую проверку ЦВМ.

Тестовая проверка ЦВМ имеет целью уточнение характера и адреса неисправностей, в результате которых при решении контрольной задачи № 3 возникают ошибки, превышающие допустимые значения.

Для проведения тестовой проверки ЦВМ производят следующие операции:

устанавливают выключатель АВТОРАЗР. в верхнее положение, отключая связи ЦВМ с другой аппаратурой вторичной обработки информации;

записывают по изложенной методике в ячейку ДЗУС с адресом 00 число 644002, характеризующее признак проведения тестовой проверки ЦВМ;

устанавливают три переключателя регистров в положение III, подключая сигнальные лампы к выводу регистра результата;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение АВТОМАТИЧЕСКИЙ;

нажимают последовательно несколько раз кнопки СБРОС и ПУСК до появления устойчивой индикации определенной комбинации сигнальных ламп на пульте ЦВМ. Эти сигнальные лампы

представляют собой шесть тетрад (групп из четырех составляющих), на которые разбито индицируемое число, при этом старшая тетрада находится слева. Каждая тетрада имеет четыре разряда: первый справа разряд характеризует цифру 1, второй — цифру 2, третий — цифру 4, четвертый (левый в тетраде) — цифру 8. Например, если индицируемое число характеризуется загоранием сигнальных ламп, как указано на рис. 11.7, ему соответствует десятичное число 12, 11, 7, 5, 2, 14, представленное потетрадно;

переводят переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение ЗАПИСЬ В ДЗУС, при этом загорается сигнальная лампа ОСТАНОВ, сигнализируя о прекращении каких-либо вычислений в ЦВМ;

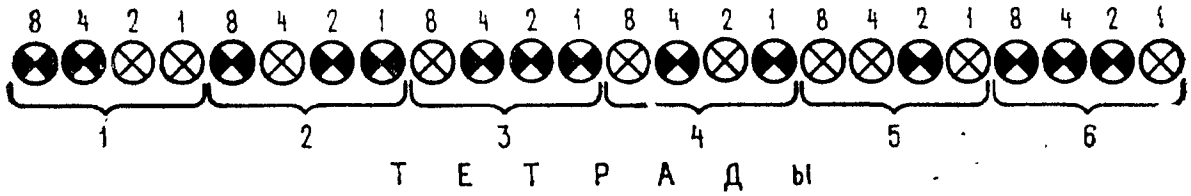


Рис. 11.7. Пример индикации числа сигнальными лампами пульта ЦВМ

устанавливают набирателем АДРЕС В ДЗУС номер ячейки 01, в которую будет введено число, индицируемое с помощью сигнальных ламп пульта ЦВМ;

считывают потетрадно, начиная слева, значения суммы чисел, индицируемых в трех младших разрядах каждой тетрады в десятичном представлении, и устанавливают их значения соответствующими переключателями набирателя ЧИСЛО В ДЗУС;

записывают в ДЗУС набранное значение числа путем последовательного нажатия кнопок СБРОС ДЗУС (при этом информация, введенная в эту ячейку ранее, стирается) и ЗАПИСЬ В ДЗУС (при этом информация, установленная набирателем ЧИСЛО В ДЗУС, непосредственно записывается в ДЗУС ЦВМ). Если в какой-либо тетраде индицируется старший разряд (цифра 8), ее запись производится дополнительно (дописывается) после ввода суммы младших разрядов тетрад, при этом цифру 8 старшей (левой) тетрады устанавливают путем перевода выключателя ЗНАК ЧИСЛА в положение «—» (минус), так как на переключателе старшей тетрады максимальным значением вводимой величины является цифра 7. Для дописывания цифры 8, установленной переключателями соответствующих тетрад, нажимают только кнопку ЗАПИСЬ В ДЗУС;

устанавливают переключатели набирателя ЧИСЛО В ДЗУС в нулевое положение, набирателя АДРЕС В ДЗУС — в положение ОТКЛ., РЕЖИМ РАБОТЫ — в положение АВТОМАТИЧЕСКИЙ, выключатель ЗНАК ЧИСЛА — в положение «+» (плюс) и последовательно нажимают кнопки СБРОС, ПУСК;

наблюдают кратковременную индикацию всех сигнальных ламп, после чего на световом табло ЦВМ происходит смена цифровых значений (тестов) от 1 до 7, при этом во время индикации

четных цифр на знаковом разряде индицируется знак «+» (плюс), а при индикации нечетных цифр — знак «—» (минус). После индикации шестого теста высвечивается число, характеризующее контрольную сумму проведения двух специальных промежуточных тестов, и включается телеграфный аппарат. После индикации седьмого теста ЦВМ выходит на останов, что означает завершение полного цикла тестовой проверки, о чем свидетельствует загорание лампы ОСТАНОВ. Кроме того, при этом загорается лампа НЕИСПРАВНОСТЬ.

Если после нажатия кнопок СБРОС и ПУСК ЦВМ не выходит на режим тестовой проверки, одной из наиболее вероятных причин этого может быть неправильный ввод в ячейку ДЗУС с адресом 01 контрольной суммы числа вследствие выхода из строя хотя бы одной из сигнальных ламп тетрад, индицирующих это число. Для проверки исправности сигнальных ламп пульта ЦВМ необходимо их включить, что достигается кратковременным соединением с помощью проводника контрольного гнезда, обозначенного $0_в$, с контрольным гнездом каждой сигнальной лампы. Включить все сигнальные лампы можно и другим способом, для чего три переключателя регистров ЦВМ устанавливают в положение I, подключая этим вывод результата приемного регистра на индикацию с помощью сигнальных ламп. Переключатели набирателя КОМАНДА — ЧИСЛО устанавливают в положение 7 и последовательно нажимают кнопки СБРОС и ЗАПИСЬ НА РгПр, при этом все сигнальные лампы тетрад должны загореться. Негорящие лампы свидетельствуют об их неисправности и заменяются.

В ходе проведения тестовой проверки может возникнуть случай, когда ЦВМ выходит на останов по неисправности до завершения полного цикла тестовой проверки, тем самым создается невозможность наблюдать прохождение остальных тестов. Например, на световом табло после высвечивания третьего теста (—33333333) загорелись сигнальные лампы ОСТАНОВ и НЕИСПРАВНОСТЬ, что свидетельствует о непрохождении третьего теста. Это характеризует неисправность блока ОЗУ ЦВМ (см. техническое описание ЦВМ 1В57). В этом случае возникает необходимость исключения теста, на котором произошел останов ЦВМ, для контроля прохождения последующих тестов.

Исключение тестов осуществляется с помощью трех левых переключателей набирателя КОМАНДА — ЧИСЛО в соответствии с табл. 11.3.

В случае возникновения неисправностей в нескольких блоках ЦВМ, о чем свидетельствует выход ее на останов после исключения первого обнаруженного неисправного теста, проводят одновременное исключение обоих тестов. При этом, если необходимо исключить тесты с помощью одного и того же переключателя, например исключить первый и второй тесты, в этом случае левый переключатель набирателя КОМАНДА — ЧИСЛО устанавливают в положение, характеризующее сумму цифр установок для исключения первого и второго тестов, т. е. в условиях данного

Таблица 11.3

Порядок исключения теста

Номер исключаемого теста	Положения переключателей набирателя КОМАНДА — ЧИСЛО
0	4 0 0 0 0 0 0 0
1	2 0 0 0 0 0 0 0
2	1 0 0 0 0 0 0 0
3	0 4 0 0 0 0 0 0
4	0 2 0 0 0 0 0 0
5	0 1 0 0 0 0 0 0
6	0 0 4 0 0 0 0 0
7	0 0 2 0 0 0 0 0

примера требуется установка этого переключателя в положение 3 000 0000.

Если установлено, что ЦВМ имеет неисправность одного из блоков, вследствие чего происходит неправильный расчет данных и характер этой неисправности подтверждается в ходе проведения тестовой проверки, такой блок требует ремонта или замены.

Если проведение тестовой проверки ЦВМ происходит без отклонений от нормального функционирования, после окончания проверки в ячейку ДЗУС с адресом 00 записывают число 645000, характеризующее признак боевой работы комплекса.

Для проведения совместной проверки ЦВМ с пультом ПЛ-8, стойкой СТ-4 и стартстопным телеграфным аппаратом:

включают аппаратуру АМЦП;

устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатели ДЗУС, КОНТР. ЗАДАЧА и СРЕДНЕЕ 2 — 4 — 5 программы ПЕЧАТЬ в верхнее положение;

нажимают и отпускают кнопку ПУСК, при этом должны загореться лампы пульта ПЛ-8: В0, Б-1, Б-2, Б-3, Р-1, Р-2, Р-3, МД, ВВОД С СТА, а на ленте СТА отпечатывается К-77 — условный признак прохождения команды данной проверки;

устанавливают выключатель В ЦВМ программы ввода метеоданных (МД) в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, при этом указанные в предыдущем пункте горящие лампы пульта ПЛ-8 гаснут;

устанавливают на блоке БЛ-11 стойки СТ-4 переключатель РАБОТА — КОНТРОЛЬ в положение КОНТРОЛЬ не позднее чем через 20 с после нажатия кнопки ПУСК, при этом на блоке БЛ-11 должны мигать лампы РАБОТА, 1 КАНАЛ, 2 КАНАЛ, 3 КАНАЛ;

убеждаются, что не позднее чем через 20 с после включения на блоке БЛ-11 переключателя КОНТРОЛЬ на ленте СТА отпечатаются слова КОНЕЦ КОНТРОЛЯ, что свидетельствует об исправности проверяемой аппаратуры;

устанавливают переключатель РАБОТА — КОНТРОЛЬ на блоке БЛ-11 в положение РАБОТА.

Подготовка ЦВМ к работе предусматривает проведение следующих операций:

запись в ДЗУС данных топогеодезической привязки и служебных признаков работы;

контроль введенной в ДЗУС информации;

ввод астрономического времени;

ввод метеоданных.

Для записи в ДЗУС данных топогеодезической привязки и служебных признаков работы используют сведения из бланка исходных данных, заполняемого оператором по докладам с базных пунктов результатов топогеодезической привязки, сведения из бланка метеорологических данных, представляемого метеонаблюдателем, и данные служебных признаков работы по указанию командира подразделения звуковой разведки. В каждую ячейку ДЗУС необходимо ввести цифровую группу из шести знаков, при этом, если вводимая величина содержит меньшее число значащих разрядов, впереди них вводят нули. В соответствии с этим требованием заполняют бланк исходных данных (табл. 11.4):

в ячейку с адресом 00 записывают признак боевой работы — 645000 или признак проведения тестовой проверки ЦВМ — 644002;

в ячейке с адресом 01 делают запись только при проведении тестовой проверки ЦВМ;

в ячейки 02, 07 и 14 записывают значения координаты x точки разбивки правого, среднего и левого базных пунктов соответственно с точностью до 1 м;

в ячейки с адресами 03, 10 и 15 записывают значения координаты y точки разбивки правого, среднего и левого базных пунктов соответственно с этой же точностью;

в ячейки с адресами 04, 11 и 16 вводят значения правых плеч, в ячейки 05, 12 и 17 — левых плеч акустических баз соответственно правого, среднего и левого базных пунктов с точностью до 1 м;

в ячейки 06, 13 и 20 записывают значения дирекционных углов директрис акустических баз правого, среднего и левого базных пунктов соответственно с точностью до 0-01, при этом, если в ячейки с адресами 23, 24, 25, 26 и 27, 30 вводится информация, то в ячейки с адресами 06, 13 и 20 записывают нули;

в ячейку с адресом 21 записывают скорость звука в метрах в секунду, соответствующую наземной виртуальной температуре воздуха;

в ячейку 22 вводят признак, указывающий нумерацию разведуемых целей в сотнях: при вводе цифры 0 ЦВМ присваивает номера засеченным целям от 1 до 99, при вводе цифры 1 — от 101 до 199 и т. д.;

в ячейки с адресами 23, 25 и 27 записывают значения дирекционных углов правого плеча акустических баз правого, среднего и левого базных пунктов соответственно с точностью до 0-01;

Таблица 11.4

Бланк исходных данных оператора ЦВМ

1. Данные топогеодезической привязки базных пунктов

Номер ячейки (АДРЕС В ДЗУС)	Величина	Число, вводимое в ДЗУС
	Правый базный пункт	
02	$x_{тр}$	064408
03	$y_{тр}$	027732
04	l_2	000156
05	l_3	000152
06	$\alpha_д$	000000
23	α_2	001129
24	α_3	004129
	Средний базный пункт	
07	$x_{тр}$	064286
10	$y_{тр}$	023423
11	l_2	000176
12	l_3	000178
13	$\alpha_д$	000000
25	α_2	001463
26	α_3	004523
	Левый базный пункт	
14	$x_{тр}$	064268
15	$y_{тр}$	019326
16	l_2	000204
17	l_3	000202
20	$\alpha_д$	000000
27	α_2	001839
30	α_3	004839

2. Служебные признаки работы комплекса

Номер ячейки (АДРЕС В ДЗУС)	Обозначение признаков	Вводимые значения
00		645000
01		000000
21	C	000346
22	№ Ц	000007
31	БП	000000
32	$t_{ож}$	000001
33	$R_{оср}$	000000
34	$t_{деш}$	000000
35	БОК	000000
36	СТА	000000
37	Σ	000000

3. Ввод исходных данных при работе без СТА

Номер ячейки (АДРЕС В ДЗУС)	Обозначение вводимого значения	Вводимое значение
40	$x_н$, $x_и$	000000
41	$y_н$, $y_и$	000000
42	№ R	000000
43	$x_ц$	000000
44	$y_ц$	000000
45	$x_б$	058326
46	$y_б$	022805

в ячейки с адресами 24, 26 и 30 вводят значения дирекционных углов левого плеча акустических баз правого, среднего и левого базных пунктов соответственно с этой же точностью;

в ячейку 31 вводят признак отсутствия в боевом порядке подразделения одного из базных пунктов: 0 — развернуты три базных пункта; 1 — отсутствует правый (первый) базный пункт; 2 — отсутствует средний (второй) и 3 — левый (третий) базные пункты;

в ячейку 32 записывают признак времени ожидания в ЦВМ результатов первичной обработки от других базных пунктов при условии, что такая информация поступила хотя бы от одного из них: 0 — время ожидания 300 с, 1 — 100 с, 2 — 200 с, 4 — 400 с, ... , 9 — 900 с (признак 3 не вводится);

в ячейку 33 вводят признак радиуса осреднения координат целей при их засечках: 0 — радиус осреднения 3% дальности засечки; 1 — осреднение не производится; 2 — радиус осреднения 6% дальности засечки; 3 — радиус осреднения 9% дальности засечки;

в ячейку с адресом 34 записывают коэффициент для расчета временно́го окна дешифрирования, используемого в ЦВМ при подборе направлений на данную цель с базных пунктов: 0 — при топогеодезической привязке базных пунктов на геодезической основе или по карте с помощью приборов; 9 — при определении координат базных пунктов приемами глазомерной съемки;

в ячейку 35 вводят признак расположения базных пунктов: 0 — при расстоянии между средним и крайними базными пунктами более 1 км; 12 или 32 — при смещении среднего базного пункта в сторону правого или левого базного пункта соответственно на расстояние между ними менее 1 км, при этом точность рассчитываемых координат возрастает до 15%, так как ЦВМ производит их расчет с осреднением по двум обработкам по каждой засечке, а при обычном расположении базных пунктов (в 35-й ячейке признак 0) расчет координат целей осуществляется по одной обработке, как правило, по засечкам с крайних базных пунктов;

в ячейку 36 записывают признак выдачи результатов расчета ЦВМ: 0 — печать на ленту СТА (ЛТА), 1 — индикация на световом табло ЦВМ;

в ячейку 37 вводят признак порядка программного контроля ДЗУ перед решением каждой задачи: 0 — работа с контрольным суммированием ДЗУ, 1 — работа без контрольного суммирования ДЗУ.

Дополнительно в ячейки с адресами 40—46 вводят сведения при выходе из строя телеграфного аппарата:

в ячейки 40, 41 и 42 вводят значения координат точки накола репера или истинных его координат и номера репера;

в ячейки с адресами 43 и 44 вводят координаты цели при обслуживании стрельбы артиллерии.

Кроме того, в ячейки с адресами 45 и 46 вводят координаты обслуживаемой артиллерийской батареи.

В ячейки с адресами 50—77 могут быть введены дополнительные данные по специальным программам для высвечивания на табло ЦВМ центров акустических баз и поправок на систематическую ошибку при работе в аварийном режиме комплекса.

Контроль введенной информации. Заполнив бланк исходных данных, производят запись необходимых значений в ДЗУС, после чего осуществляют контроль введенной информации в соответствии с методикой, рассмотренной ранее при вводе в ЦВМ исходных контрольных данных.

Астрономическое время вводят в ЦВМ для отражения его текущих значений на ленте СТА (ЛТА) при выводе из ЦВМ результатов расчета координат целей, что существенно облегчает систематизацию и анализ разведывательной информации. Текущие значения астрономического времени автоматически выводятся на печать по результатам первой, третьей и шестой засечек данной цели.

Вводимая информация о текущем значении астрономического времени, метеоданных и т. д. поступает и хранится в ОЗУ ЦВМ, а ее ввод в машину осуществляется с клавиатуры СТА (ЛТА). Ввод информации по любой из этих программ осуществляется в два этапа: первоначально определяется программа работы включением соответствующего выключателя ВВОД на пульте ПЛ-8, а затем осуществляется непосредственный ввод информации в массив ОЗУ ЦВМ с помощью выключателя В ЦВМ. При этом каждая вводимая группа должна иметь строго определенное количество цифр. После набора каждой группы отпечатывают круглую скобку — сигнал об окончании ввода данной группы и нажимают клавиши ПРОБЕЛ (␣), при этом на световом табло ЦВМ высветится на 2 с для контроля значение введенной величины. Если в ходе контроля будет обнаружена ошибка, дают команду на стирание неверно введенной группы нажатием клавиши ДВОЕТОЧИЕ (:), после чего нажимают клавишу ПРОБЕЛ и вводят повторно исправленную группу.

Для ввода астрономического времени:

устанавливают выключатель ВВОД программы ВРЕМЯ на пульте ПЛ-8 в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, после чего выключатель переводят в нижнее положение, при этом

лампа ИСПОЛНЕНИЕ загорится на 2 с и погаснет, включится телеграфный аппарат, загорится лампа ВВОД С СТА на пульте ПЛ-8 и блоке БЛ-11 стойки СТ-4, сигнализируя о разрешении начать печатание;

отпечатывают с помощью клавиатуры СТА (ЛТА) текущее значение астрономического времени, например: 1024) ⌴, где цифровая группа означает 10 ч 24 мин;

контролируют в момент нажатия клавиши ПРОБЕЛ на световом табло ЦВМ правильность ввода;

устанавливают выключатель В ЦВМ программы ВРЕМЯ на пульте ПЛ-8 в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, выключатель переводят в нижнее положение, при этом должна погаснуть лампа ВВОД С СТА и должен выключиться телеграфный аппарат.

С этого момента ЦВМ начнет учитывать текущее значение астрономического времени.

Ввод метеоданных в ЦВМ может быть осуществлен в одном из трех вариантов: первый — данные метеорологического поста подразделения звуковой разведки о наземной виртуальной температуре воздуха, направлении и скорости ветра (наземные метеоданные); второй — наземные метеоданные и данные метеобюллетеня «метеосредний»; третий — сведения только о наземной виртуальной температуре воздуха.

Наземные метеорологические данные и сведения только о наземной виртуальной температуре воздуха вводят тремя группами, а в случае ввода наземных и высотных метеорологических данных — тринадцатью группами, причем ввод осуществляется в строгой последовательности и только вместе с данными метеобюллетеня. ЦВМ будет учитывать данные метеобюллетеня при совместном вводе только в том случае, если наземное отклонение виртуальной температуры воздуха, указанное в четвертой группе метеобюллетеня, отличается от отклонения виртуальной температуры воздуха, определенного метеонаблюдателем подразделения звуковой разведки, не более чем на 3° С, о чем будет сигнализировать загорание лампы МД на пульте ПЛ-8 сразу после нажатия на нем кнопки ПУСК. Если же это отличие составляет более 3° С, т. е. метеобюллетень устарел, после ввода метеоданных из тринадцати групп ЦВМ примет к расчету только данные метеопоста, о чем будет свидетельствовать загорание лампы МД не сразу, а через 4 с после нажатия кнопки ПУСК.

При отсутствии данных о наземном ветре вводят информацию только о наземной виртуальной температуре воздуха, а вместо отсутствующих сведений о направлении и скорости ветра вводят нули. Измеренные метеоданные округляют: температуру воздуха — до 1° С, направление ветра — до 1-00, а его скорость — до 1 м/с.

Ввод данных метеопоста подразделения звуковой разведки производят в следующем порядке:

устанавливают выключатель ВВОД программы РАБОТА С МД пульта ПЛ-8 в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, после чего выключатель переводят в нижнее положение;

отпечатывают на клавиатуре СТА (ЛТА) после загорания сигнальной лампы ВВОД С СТА информацию о наземных метеоданных, например:

$$-11\ )\ \llcorner\!\lrcorner\ 36\ )\ \llcorner\!\lrcorner\ 4\ )\ \llcorner\!\lrcorner,$$

где —11 — значение наземной виртуальной температуры воздуха со своим знаком (минус 11° С);

36 — значение дирекционного угла направления наземного ветра (36-00);

4 — скорость ветра (4 м/с);

осуществляют контроль вводимой информации по световому табло ЦВМ;

устанавливают выключатель В ЦВМ пульта ПЛ-8 в верхнее положение, нажимают кнопку ПУСК, выключатель опускают, при этом лампа ВВОД С СТА гаснет, телеграфный аппарат выключается, а лампа МД загорается сразу, что свидетельствует о поступлении в массив ОЗУ ЦВМ и хранении в нем введенных наземных метеоданных. Расчет координат целей будет осуществляться с их учетом.

Ввод в ЦВМ данных метеопоста подразделения и бюллетеня «метеосредний» осуществляют аналогично, исключение составляет содержание вводимой информации. Например, из доклада метеонаблюдателя подразделения звуковой разведки известно, что

$$t_{v_0}^{\text{мп}} = +4^\circ\text{С};\quad \alpha_{V_0}^{\text{мп}} = 28\text{-}00;\quad V_0^{\text{мп}} = 3\ \text{м/с},$$

а поступивший метеобюллетень имеет вид:

«Метео 1107—22113—0060—50463—02—642704—
04—652605—08—662506 . . .»

Вводимая в ЦВМ информация в этом случае должна иметь такую последовательность:

4) ⌊⌋ 28) ⌊⌋ 3) ⌊⌋ 63) ⌊⌋ 64) ⌊⌋ 27) ⌊⌋
4) ⌊⌋ 65) ⌊⌋ 26) ⌊⌋ 5) ⌊⌋ 66) ⌊⌋ 25) ⌊⌋
6) ⌊⌋

где 4 — значение наземной виртуальной температуры (+4° С);

28 — дирекционный угол направления ветра из точки, откуда дует ветер (28-00);

3 — скорость ветра (3 м/с);

63 — отклонение наземной виртуальной температуры воздуха от табличного значения на высоте метеостанции (—13° С);

64, 65, 66 — средние отклонения виртуальной температуры воздуха от табличных значений в слоях от 0 до 200 м, от 0 до

400 м и от 0 до 800 м в том метеорологическом коде, в котором они помещены в метеобюллетене, соответственно —14, —15, —16° С;

27, 26, 25 — значения среднего ветра в указанных слоях соответственно 27-00, 26-00, 25-00;

4, 5, 6 — значения скорости среднего ветра в указанных слоях соответственно 4, 5, 6 м/с.

Проверку проводных линий связи с базными пунктами проводят с помощью пульта ПЛ-2, для чего:

устанавливают переключатель Р-107М в положение ПЛ-2, а переключатель СИНХРОНИЗАЦИЯ — в положение СВЯЗЬ;

устанавливают переключатели направлений связи С1-1, С1-2 и С1-3 в положение ЛИНИЯ, при этом загораются лампы ЛИНИЯ;

устанавливают ключи ПЕРЕДАЧА направлений связи С1-1, С1-2, С1-3 и С-3 в среднее положение;

устанавливают выключатели ЗВ. СИГНАЛ в верхнее положение; если ток в цепи линии одного из направлений связи с базными пунктами меньше допустимого значения, срабатывает токовое реле, которое включит звуковую сигнализацию и сигнальную лампу ОБРЫВ данного направления; неисправность устраняют;

устанавливают ключ ПЕРЕДАЧА проверяемого направления в верхнее положение, подготавливая цепь включения микрофона, нажимают кнопку микрофона пульта ПЛ-2 и вызывают голосом данный базный пункт, при этом загорается лампа ВЫЗОВ;

отпускают кнопку микрофона по окончании передачи, при этом лампа ВЫЗОВ гаснет, а при получении ответа загорается снова;

регулируют громкость приема регулятором ГРОМКОСТЬ данного направления;

нажимают и отпускают кнопку микрофона по окончании проверки связи данного направления, при этом лампа ВЫЗОВ гаснет; ключ ПЕРЕДАЧА устанавливают в среднее положение;

производят аналогично проверки линий связи других направлений.

Для проверки линии связи с МРЦП через пульт ПЛ-2:

устанавливают ключ С-3 ПЕРЕДАЧА в верхнее положение;

нажимают кнопку микрофона и вызывают абонента МРЦП, при этом загорается лампа С-3 ВЫЗОВ;

отпускают кнопку микрофона по окончании передачи, при этом лампа С-3 ВЫЗОВ гаснет, а при получении ответа загорится снова;

нажимают и отпускают кнопку микрофона по окончании передачи, при этом лампа С-3 ВЫЗОВ гаснет, ключ С-3 ПЕРЕДАЧА устанавливают в среднее положение.

Для проверки линии связи с МРЦП через пульт командира подразделения ПЛ-5:

устанавливают ключ С-3 НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ в верхнее положение;

нажимают кнопку микрофона и вызывают абонента МРЦП;

регулируют громкость приема регулятором С-3 ГРОМКОСТЬ;

переводят ключ С-3 НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ после окончания проверки в среднее положение.

Проверку проводных линий связи осуществляют в МРЦП аналогично с пультов ПЛ-4 и ПЛ-7.

Для проверки проводных линий связи с абонентами А1 и А2 через пульт ПЛ-5:

устанавливают переключатели абонентов А1 и А2 ЛИНИЯ — РАДИО в положение ЛИНИЯ;

подключают к контактным разъемам ТА1 и ТА2 на правой боковой стенке пульта телефонные аппараты ТА-57;

посылают вызов абонентам А1 и А2 вращением ручки индуктора телефонного аппарата и прослушивают ответ;

принимают вызов абонента А1 или А2 по звонку соответствующего телефонного аппарата.

Для проверки радиосвязи с базными пунктами через пульт ПЛ-2:

устанавливают переключатель Р-107М в положение ПЛ-2, а переключатель СИНХРОНИЗАЦИЯ — в положение СВЯЗЬ;

устанавливают переключатель направления нужного базного пункта (С1-1, С1-2 или С1-3) в положение РАДИО, при этом загорается сигнальная лампа РАДИО, а в динамике пульта прослушивается характерный шум приемника радиостанции;

устанавливают ключ ПЕРЕДАЧА проверяемого направления в верхнее положение;

нажимают кнопку микрофона и кнопку ВЫЗОВ на радиостанции;

отпускают кнопки и прослушивают ответ базного пункта;

регулируют громкость приема регулятором ГРОМКОСТЬ данного направления связи;

нажимают кнопку микрофона и переходят на передачу голосом;

переводят ключ ПЕРЕДАЧА данного направления в среднее положение по окончании проверки;

проводят проверку связи с другими базными пунктами.

Для проверки радиосвязи с базными пунктами через пульт ПЛ-5:

устанавливают на пульте ПЛ-2 ключ ПЕРЕДАЧА проверяемого направления в верхнее положение;

устанавливают на пульте ПЛ-5 ключ НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ С-1 в верхнее положение;

нажимают кнопку микрофона пульта ПЛ-5 и голосом вызывают данный базный пункт;

отпускают кнопку микрофона и прослушивают ответ через динамик пульта ПЛ-5;

аналогично проводят проверку связи с остальными базными пунктами;

устанавливают после окончания проверки ключи на пультах ПЛ-2 и ПЛ-5 в среднее положение.

Установление и проверку радиосвязи с абонентами А1 и А2 с последующей передачей каналов связи в АМЦП осуществляет расчет МРЦП в следующем порядке:

включают и подготавливают к работе радиостанции Р-123М;

устанавливают переключатель НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ А1 на пульте ПЛ-4 в верхнее положение;

устанавливают переключатель ВИД РАБОТЫ на радиостанции в положение ТЛФ;

вызывают абонента через микрофон, получив ответ, регулируют громкость приема ручкой ГРОМКОСТЬ А1;

устанавливают переключатель НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ А1 в среднее положение;

устанавливают переключатель Р-123 на пульте ПЛ-4 в положение ПЛ-4;

вызывают абонента А2 через микрофон, получив ответ, регулируют громкость приема ручкой ГРОМКОСТЬ А2.

Для проверки связи с абонентами А1 и А2 из АМЦП:

устанавливают на пульте ПЛ-5 переключатели ЛИНИЯ — РАДИО абонентов А1 и А2 в положение РАДИО;

отдают распоряжение в МРЦП на переключение каналов радиосвязи на АМЦП;

переводят радиостанцию на передачу нажатием тангенты телефонной трубки после доклада о переключении каналов радиосвязи и поочередно проверяют связь по радиоканалу абонента А1, а затем абонента А2. Вести передачу по двум каналам одновременно во избежание перегрузки источника питания радиостанций (блоки БЛ-23 и БЛ-24 стойки СТ-6) не рекомендуется.

При организации проводной и радиосвязи центрального пункта с постом наблюдения и связи используются телефонные аппараты и переносные радиостанции Р-107М, подготовка которых к работе при проверке связи осуществляется обычным порядком.

Синхронизация и сверка единого времени. После установления и проверки связи между центральным и базными пунктами проводят синхронизацию и сверку единого времени. Для этого командир подразделения звуковой разведки подает на базные пункты команду **«Подготовиться к синхронизации».**

По этой команде на базных пунктах:

устанавливают на пульте ПЛ-1 переключатель СИНХРОНИЗАЦИЯ в положение ПРИЕМ;

устанавливают на обоих пультах ПЛ-3 переключатели РАБОТА — КОНТРОЛЬ в положение РАБОТА;

устанавливают на пульте ПЛ-1 переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение СВЯЗЬ, докладывают на центральный пункт через микрофон пульта о готовности к проведению синхронизации и переводят этот переключатель в положение СИНХР., при этом загораются лампы СИНХРОНИЗАЦИЯ, ОБРЫВ и гаснет лампа СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ;

контролируют на табло обоих пультов ПЛ-3 индикацию значения 9999,5 от момента окончания приема тонального сигнала

при установке переключателя ВВОД — ВЫВОД в одно из положений ТВ1, ТВ2, ТВ3 или 9990 при установке этого переключателя в положение ГВ; индикация этих значений указывает на прохождение синхронизации, если высвечиваются другие значения, синхронизации не происходит;

устанавливают на пульте ПЛ-1 переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение СВЯЗЬ, при этом лампа ОБРЫВ должна погаснуть, а лампа СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ загореться;

докладывают на центральный пункт о результате проведения синхронизации, например, **«Правый, есть синхронизация» («Левый, нет синхронизации»).**

На центральном пункте после получения докладов с базных пунктов о готовности к проведению синхронизации:

устанавливают на пульте ПЛ-2 переключатель СИНХРОНИЗАЦИЯ в положение СИНХР.;

нажимают на пульте ПЛ-2 кнопку ПУСК на 1—2 с, при этом слышен тональный сигнал из динамика пульта, загораются лампы ВЫЗОВ по всем каналам и лампа СИНХРОНИЗАЦИЯ (после отпускания кнопки лампа СИНХРОНИЗАЦИЯ продолжает гореть);

устанавливают переключатель СИНХРОНИЗАЦИЯ в положение СВЯЗЬ, при этом лампа СИНХРОНИЗАЦИЯ должна погаснуть;

проверяют по докладам с базных пунктов прохождение синхронизации;

в случае непрохождения синхронизации хотя бы на одном из базных пунктов, после пропадания напряжения питания аппаратуры на одном из них, а также при расхождении единого времени между базными пунктами более допустимого предела (10 мс) синхронизацию проводят повторно.

Через 1—2 мин после приема с базных пунктов докладов о прохождении синхронизации командир подразделения подает на них команду **«Подготовиться к сверке единого времени».** По этой команде на базных пунктах:

докладывают на центральный пункт о готовности к проведению сверки единого времени, например: **«Правый готов»** — и переводят переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ на пульте ПЛ-1 в положение СВЕРКА ЕВ, при этом должны загореться лампы СИНХРОНИЗАЦИЯ и ОБРЫВ СВЯЗИ, лампа СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ должна погаснуть, а табло пультов ПЛ-3 должны быть обнулены;

после получения тонального сигнала при установке переключателя ВВОД — ВЫВОД на обоих пультах ПЛ-3 в положения ТВ1, ТВ2, ТВ3 и ГВ должны высветиться одинаковые времена; лампа СИНХРОНИЗАЦИЯ на пульте ПЛ-1 должна погаснуть, а лампа СВЕРКА ЕВ на пультах ПЛ-3 загореться;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ пульта ПЛ-1 в положение СВЯЗЬ, при этом лампа ОБРЫВ СВЯЗИ должна погаснуть, а лампа СЛУЖЕБНАЯ СВЯЗЬ — загореться;

докладывают по запросу с центрального пункта значения точ-

ного и грубого времени, например: **«Правый, 2618, грубое 80»;**

нажимают на пультах ПЛ-3 кнопку ПУСК, на пульте ПЛ-3-2, кроме того, и кнопку СБРОС, при этом цифровые табло пультов обнуляются, лампа СВЕРКА ЕВ гаснет.

На центральном пункте после получения докладов от базных пунктов о готовности к сверке единого времени проводят следующие операции:

устанавливают переключатель СИНХРОНИЗАЦИЯ на пульте ПЛ-2 в положение СИНХР. и нажимают на 1—2 с кнопку ПУСК, при этом должны загореться лампы ВЫЗОВ по всем каналам связи и СИНХРОНИЗАЦИЯ, при отпускании кнопки последняя лампа продолжает гореть;

переводят переключатель СИНХРОНИЗАЦИЯ в положение СВЯЗЬ, при этом лампа СИНХРОНИЗАЦИЯ гаснет, и принимают доклады с базных пунктов о значениях точного и грубого времени, зафиксированных на пультах, например: **«Правый, 2618, грубое 80», «Средний, 2621, грубое 80», «Левый, 2617, грубое 80»;**

проверяют расхождение в соответствующих значениях точного и грубого времени по докладам с базных пунктов, при этом значения грубого времени должны быть одинаковыми, а точного — отличаться не более чем на 10 мс. Если это требование не выполняется, синхронизацию и сверку единого времени повторяют.

Если синхронизацию и сверку проводят с использованием средств радиосвязи, порядок их выполнения аналогичен работе на проводных средствах связи, за исключением одной особенности: переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ на пульте ПЛ-1 базных пунктов из положения СВЯЗЬ в положение СИНХР. или СВЕРКА ЕВ переводят только после прекращения суперных шумов, прослушиваемых через динамик пульта ПЛ-1 (во избежание запуска счетчиков времени еще до поступления сигналов синхронизации или сверки единого времени). При использовании на базных пунктах радиостанций Р-159 при включении их в режим работы с подавителем шумов эта особенность не учитывается.

Совместный контроль аппаратуры базных и центрального пунктов

После проведения автономного контроля работоспособности аппаратуры базных и центрального пунктов с установлением между ними связи командир подразделения звуковой разведки проводит совместный контроль работоспособности аппаратуры звукометрического комплекса, целью которого является проведение проверки каналов приема, обработки и передачи информации при работе аппаратуры базных пунктов в различных подрежимах. При этом он последовательно решает контрольные задачи № 1 и 2.

Контрольная задача № 1 имеет целью проверку работоспособности аппаратуры звукометрического комплекса при работе аппаратуры базных пунктов в одном из автоматических

подрежимов (А или АК). Физический смысл решения этой задачи заключается в попарном определении координат точки пересечения директрис акустических баз при прохождении сигнала сквозного контроля. Для решения этой задачи командир подразделения после соответствующей подготовки аппаратуры с центрального пункта подает на базные пункты тональный сигнал, имитирующий одновременный подход звуковой волны к звукоприемникам акустических баз. После обработки этого сигнала аппаратурой базных пунктов на центральный пункт передаются результаты первичной обработки, которые автоматически вводятся для расчета в ЦВМ. Поскольку одновременный подход звуковой волны к звукоприемникам акустических баз означает получение нулевой разности времен на каждом базном пункте ($\tau=0$), ЦВМ выдаст результат решения на печать в виде координат точки, находящейся на пересечении директрис акустических баз.

Кроме того, при решении этой задачи ЦВМ осуществляет сверку значений времен между базными пунктами в системе единого времени. Решение контрольной задачи № 1 возможно лишь при допустимом (не более 10 мс) расхождении между текущими значениями единого времени на базных пунктах. Если ЦВМ контрольную задачу не решает, необходимо привести системы звукометрического комплекса к единому времени (провести синхронизацию заново).

Очевидно, что при решении этой задачи на контрольном боевом порядке при отсутствии в ЦВМ метеоданных координаты точки пересечения директрис акустических баз будут известны заранее ($x=53\,000$, $y=33\,000$). При решении этой задачи на координатах реального боевого порядка будут отпечатаны координаты точек попарного пересечения директрис акустических баз, так как практически при разбивке всегда будет иметь место расхождение между намечаемыми по карте значениями дирекционных углов директрис и полученными в ходе развертывания.

Отпечатывание результатов решения контрольной задачи № 1 свидетельствует о технической исправности аппаратуры базных пунктов в автоматическом подрежиме, об исправности аппаратуры центрального пункта, об исправности линий связи или радиоканалов между ними.

Порядок решения контрольной задачи № 1. Командир подразделения подает команду: **«Подготовиться к решению контрольной задачи № 1».** По этой команде на базных пунктах:

устанавливают органы управления аппаратуры в положения, указанные в табл. 12.1;

устанавливают на регистрирующем приборе выключатель ПРОТЯЖКА в положение ВЫКЛ.;

нажимают на пульте ПЛ-3-1 кнопку ПУСК;

докладывают на ЦП о готовности, например: **«Правый готов»;**

следят по табло пульта ПЛ-3-1 за индикацией цифры 19, последовательным загоранием и погасанием лампы ПЕРЕДАЧА.

Для решения контрольной задачи на центральном пункте:

устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель РАСЧЕТ программы ВО в верхнее положение;

нажимают на пульте ПЛ-8 кнопку ПУСК, при этом лампа ИСПОЛНЕНИЕ загорается на 2 с и гаснет, а лампа ВО (программа выявления ошибок) будет гореть постоянно;

устанавливают выключатель РАСЧЕТ в нижнее положение;

устанавливают на пульте ПЛ-2 переключатель СИНХР.—СВЯЗЬ в положение СИНХР. после получения докладов с базных пунктов о готовности;

нажимают кнопку ПУСК на пульте ПЛ-2, при этом на пульте ПЛ-8 лампа ВО гаснет на 2 с и снова загорается, а на ленте СТА отпечатывается слово СИНХРОНИЗАЦИЯ, что свидетельствует о совпадении в допустимых пределах единого времени на базных пунктах;

устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель ПЕЧАТЬ программы ВО в верхнее положение;

нажимают кнопку ПУСК на пульте ПЛ-8, при этом гаснет лампа ВО;

выключатель ПЕЧАТЬ переводят в нижнее положение, на ленте СТА отпечатывается результат решения контрольной задачи № 1, который при решении задачи на исходных контрольных данных будет иметь вид:

ВО 1—2 53000 33000 000 ВО 1—3 53000 33000 000

ВО 2—3 53000 33000 000 000 000 000,

где группы ВО 1—2 (1—3, 2—3) — попарные номера базных пунктов, для которых определяются координаты точки пересечения директрис;

пары пятизначных групп — координаты точек пересечения директрис;

трехзначные группы, следующие за координатами точек, — значения временны́х окон дешифрирования $t_{деш}$ в десятках миллисекунд;

последние три трехзначные группы — разности времен $\tau =$ ТВ3—ТВ2 прихода звуковой волны к звукоприемникам акустических баз для правого, среднего и левого базных пунктов соответственно в миллисекундах.

В случае решения контрольной задачи № 1 при записи в ДЗУС ЦВМ данных топогеодезической привязки реального боевого порядка подразделения звуковой разведки порядок действий личного состава аналогичен рассмотренному. Результат решения задачи в этом случае будет иметь вид, например:

ВО 1—2 86938 14846 386 ВО 1—3 86834 14728 021 ВО 2—3 86881 14791 394 000 000 000.

Для того чтобы определить, какие из акустических баз разбиты или привязаны неверно, производится сравнение значений $t_{деш}$ для каждой пары базных пунктов. Эти значения не должны превышать 120 десятков миллисекунд (1, 2 с) при записи в 34-ю

ячейку ДЗУС ЦВМ признака 0. Если $t_{\text{деш}}$ 1—2 и $t_{\text{деш}}$ 1—3 превышают указанный допустимый предел, делают вывод о том, что неверно привязана или разбита правая акустическая база; если $t_{\text{деш}}$ 1—2 и $t_{\text{деш}}$ 2—3 более 120, ошибки следует искать в привязке средней акустической базы; если $t_{\text{деш}}$ 1—3 и $t_{\text{деш}}$ 2—3 более 1,2 с, необходимо проверить точность разбивки или привязки левой акустической базы.

В условиях нашего примера следует проверить привязку среднего базного пункта.

Если все значения $t_{\text{деш}}$ более 120, это значит, что допущены ошибки в разбивке или в топогеодезической привязке двух или всех базных пунктов.

В этом случае целесообразно сначала выяснить, нет ли ошибочно подсоединенных звукоприемников. С этой целью по координатам точек пересечения директрис решают обратные звукометрические задачи и определяют расчетные значения разностей времен прихода звуковой волны к звукоприемникам каждой акустической базы (τ_{3-2}):

$$\tau_{3\text{-}2} = \text{ТВ3} - \text{ТВ2}.$$

Эти разности времен $\tau_{3\text{-}2}$ сравниваются с полученными по программе выявления ошибок $\tau_{3\text{-}2}$ ВО.

На той акустической базе, где $\tau_{3\text{-}2}$ и $\tau_{3\text{-}2}$ ВО отличаются только знаком, ошибочно произведено подключение линий от 2-го и 3-го звукоприемников на щитке Щ1.

Контрольная задача № 2 имеет целью проверить работоспособность аппаратуры звукометрического комплекса при работе аппаратуры базных пунктов в подрежиме Р ЭВМ. Используя программу решения обратной звукометрической задачи, ЦВМ по введенным в нее координатам произвольной точки, лежащей в полосе боевой работы комплекса, производит расчет времен в системе единого времени для каждого базного пункта для случая, если бы в данной точке произошел реальный выстрел (разрыв). Эти времена передают на соответствующие базные пункты, где производится их ввод в аппаратуру первичной обработки с последующей передачей на центральный пункт для проведения вторичной обработки информации. В результате решения задачи получают координаты исходной точки или их значение, не превышающее допустимых пределов.

Порядок решения контрольной задачи № 2. По команде командира подразделения **«Подготовиться к решению контрольной задачи № 2»:**

определяют по карте координаты произвольной точки в полосе разведки, например: $x = 85150$, $y = 14800$;

устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель ВВОД $X_{\text{т}}Y_{\text{т}}$ программы ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, выключатель переводят в нижнее положение;

печатают на СТА координаты выбранной точки, например:

85150) ⌴ 14800) ⌴

устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель ПЕЧАТЬ Т программы ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, выключатель переводят в нижнее положение;

получают на ленте СТА значения точных и грубых времен для каждого базного пункта, например:

С1-1 1806 1881 020 С1-2 3489 3516 020 С1-3 0687 0724 030,

где С1-1 (С1-2, С1-3) — номер базного пункта;

1806 (3489, 0687) — точное время ТВ2 в системе единого времени, характеризующее время достижения акустической волной звукоприемника ЗП-2 при условии, что в выбранной точке произошел реальный выстрел (разрыв);

1881 (3516, 0724) — точное время ТВ3 для аналогичных условий;

020 (020, 030) — значения грубого времени ГВ для правого (среднего, левого) базных пунктов;

передают на базные пункты по средствам связи соответствующие значения ТВ2, ТВ3, ГВ и присвоенный этой группе времен номер (от 20 до 99), например: **«Набрать времена по 21-й группе. Первому 1806, 1881, грубое 20; второму 3489, 3516, грубое 20; третьему 0687, 0724, грубое 30».**

По этой команде на базных пунктах:

устанавливают на блоке БЛ-25 стойки СТ-2 переключатель РЕЖИМ в положение РАБОТА;

устанавливают на пульте ПЛ-3-2 переключатель РЕЖИМ в положение Р ЭВМ, а переключатель РАБОТА — КОНТРОЛЬ — в положение РАБОТА;

вводят в пульт ПЛ-3-2, нажимая соответствующие кнопки, значения ТВ2, ТВ3, ГВ и №гр, переданные с центрального пункта;

устанавливают на пульте ПЛ-1 переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение СВЯЗЬ и докладывают на центральный пункт о готовности к решению задачи, например: **«Правый готов»;**

нажимают кнопку ВКЛ. ПЕРЕДАЧИ на пульте ПЛ-3-2 по команде с центрального пункта **«Ввести времена»,** при этом на 2 с загорается и гаснет лампа ПЕРЕДАЧА, а набранная информация передается на центральный пункт для последующей обработки.

На ленте СТА отпечатывается результат решения контрольной задачи № 2:

101 19-28 85172 14826 1 212121/

где 101 — номер цели;

19-28 — астрономическое время проведения обработки;

85172, 14826 — координаты цели;

1 — количество засечек (усреднений) цели;

212121 — попарные номера групп сигналов, обработанных третьим, вторым и первым базными пунктами соответственно.

Командир подразделения сравнивает полученные координаты с координатами точки, ранее снятыми с карты. Если они отличаются не более чем на 400 м, считают, что контрольная задача решена верно. Допуск до 400 м объясняется тем, что в ЦВМ расчет координат целей ведется с учетом поправок на метеоусловия. В случае превышения указанного значения решение контрольной задачи № 2 повторяют по другой точке. Если и при этом расхождение превышает допустимое, это указывает на неисправность аппаратуры при ее работе в подрежиме Р ЭВМ.

Решением контрольных задач № 1 и 2 заканчивается совместный контроль аппаратуры базных и центрального пунктов перед боевой работой.

Действия командира вычислительного взвода в ходе развертывания

Командир вычислительного взвода несет ответственность за своевременное развертывание поста наблюдения и связи, центрального пункта, метеорологического поста, подготовку к работе и работу их аппаратуры.

В ходе проведения рекогносцировки при уточнении мест развертывания перечисленных элементов боевого порядка подразделения звуковой разведки командир вычислительного взвода оценивает возможность их размещения в намеченных по карте командиром подразделения районах.

При развертывании поста наблюдения и связи командир вычислительного взвода, как правило, возглавляет личный состав этого поста при следовании к намеченному месту его расположения, контролируя направление движения и соблюдая меры предосторожности и маскировки в ходе приближения к переднему краю. Прибыв в намеченный район, он уточняет положение переднего края противника и своих войск, указывает место расположения поста, организует его топогеодезическую привязку, уточняет на местности ориентиры и указывает направления на районы особого внимания. Кроме того, командир взвода уточняет, где располагаются наблюдательные пункты, позиции подразделений артиллерийской разведки и обслуживаемых артиллерийских подразделений и организует взаимодействие с ними. Целесообразно место расположения поста наблюдения и связи выбирать вблизи наблюдательных пунктов обслуживаемых артиллерийских подразделений, если условия расположения этих пунктов удовлетворяют требованиям, предъявляемым к условиям размещения поста наблюдения и связи.

Контролируя готовность развернутого к боевой работе поста наблюдения и связи, командир вычислительного взвода обращает особое внимание на уяснение личным составом указанных ему задач и сведений, наличие устойчивой связи с центральным пунктом,

правильность ориентирования буссоли, определяет последовательность и сроки выполнения работ по инженерному оборудованию и маскировке поста, организует его непосредственное охранение.

В ходе развертывания центрального пункта командир вычислительного взвода руководит работой личного состава по установке автомобилей пункта, обращая внимание на правильное подключение линий связи, на выполнение требований мер безопасности при подготовке к работе и включении в работу бензоэлектрических агрегатов, на соблюдение мер маскировки, особенно светомаскировки в ночное время, на своевременную подготовку к работе основной аппаратуры пункта и установление связи со старшим начальником.

При развертывании метеорологического поста командир взвода уточняет место его расположения, контролирует действия личного состава по установке десантного метеорологического комплекта ДМК, проверяет его ориентирование, устанавливает периодичность определения, учета и доклада метеорологических данных.

В ходе боевой работы командир вычислительного взвода лично ведет рабочую карту и журнал целей, осуществляет анализ и обработку разведывательных сведений, контролирует работу личного состава по отработке служебной и технической документации подразделения звуковой разведки, следит за работой операторов ЦВМ и СТА (ЛТА), а также организует работы по инженерному оборудованию и маскировке центрального пункта и его непосредственное охранение.

11.5. Инженерное оборудование и маскировка боевого порядка

Инженерное оборудование пунктов и постов подразделения звуковой разведки осуществляется в целях повышения защиты личного состава и техники от средств поражения противника, обеспечения скрытного расположения подразделения на местности и создания, таким образом, благоприятных условий для выполнения им поставленных задач.

Инженерное оборудование пунктов и постов подразделения включает их фортификационное оборудование и выполнение мероприятий маскировки.

В районе развертывания подразделения звуковой разведки, вооруженного автоматизированным звукометрическим комплексом, осуществляется инженерное оборудование базных пунктов, постов наблюдения и связи, а также центрального пункта. На базных пунктах оборудуют укрытия для автомобилей, окопы для звукоприемников и перекрытые щели для личного состава. Кроме того, при работе с комплектом выносных приборов комплекса АЗК-7 оборудуют окопы для этих приборов. На посту наблюдения и связи отрывают открытое сооружение для наблюдения, а на центральном пункте оборудуют укрытие для одного (двух) автомобилей и перекрытую щель для личного состава. Кроме того,

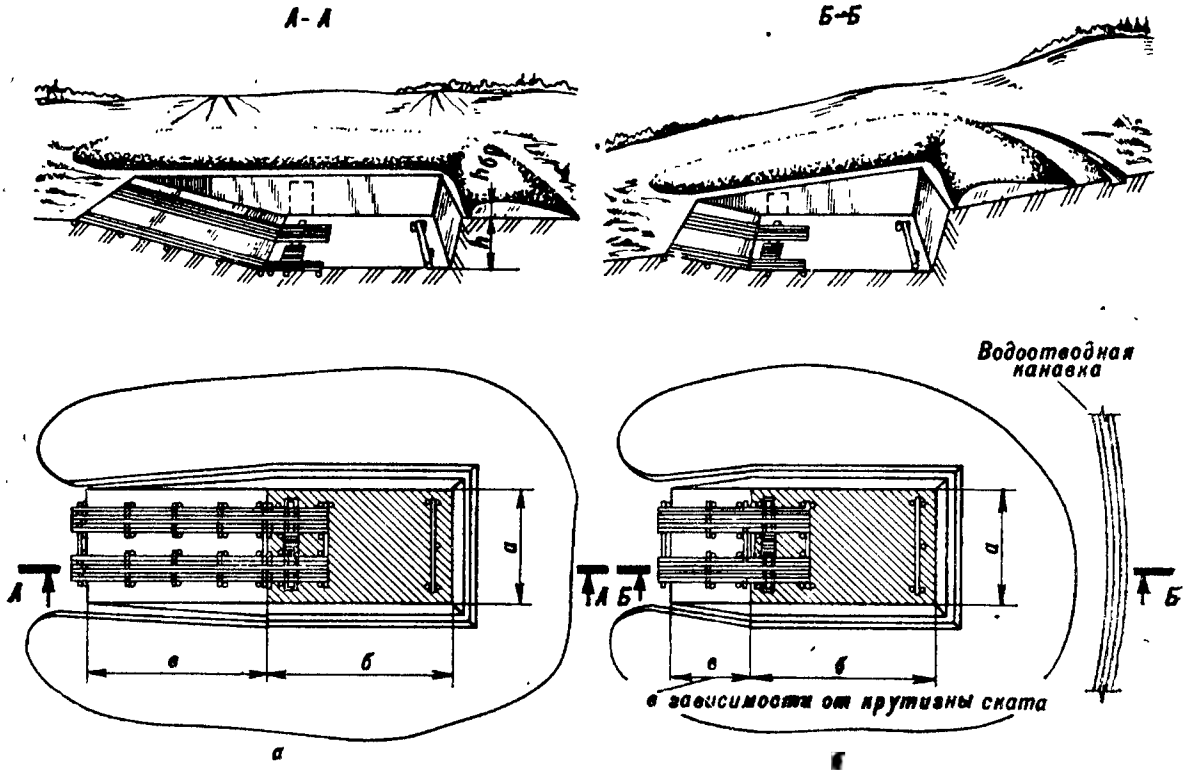


Рис. 11.8. Укрытие котлованного типа:
а — на равнинной местности; *б* — на пересеченной местности

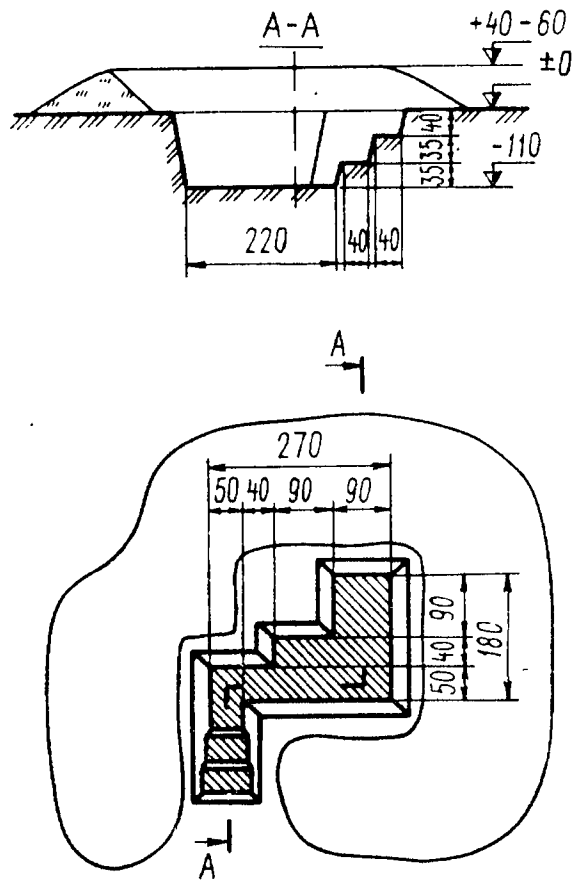


Рис. 11.9. Открытое сооружение для наблюдения

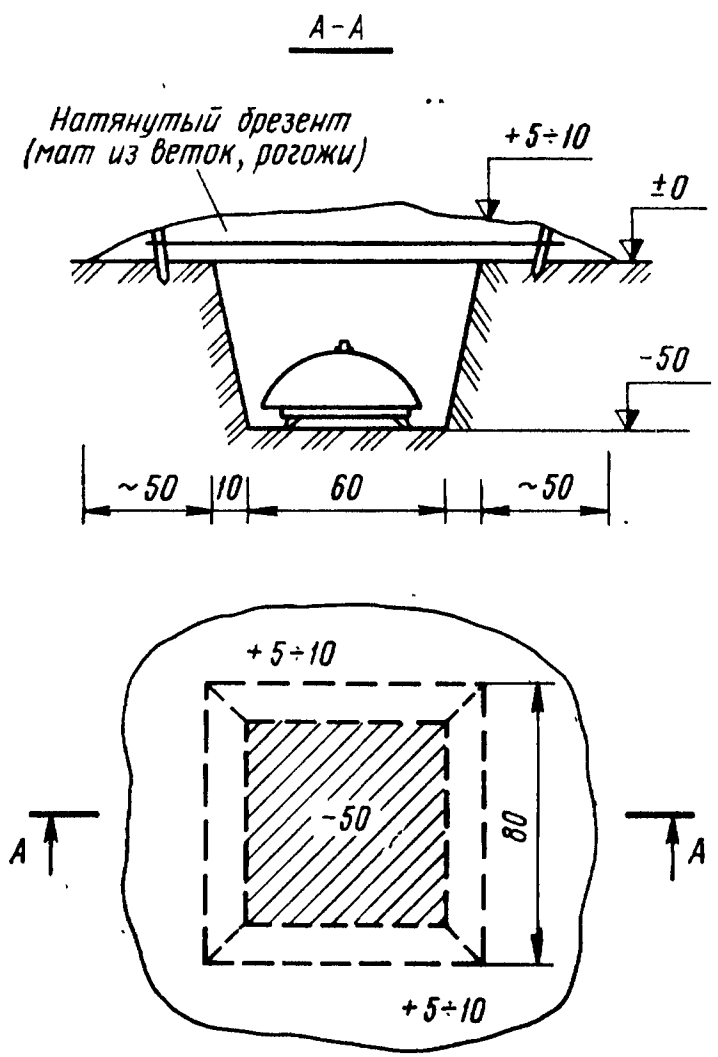


Рис. 11.10. Окоп для звукоприемника

для организации непосредственного охранения и самообороны базных и центрального пунктов оборудуют окопы для ведения огня из стрелкового оружия.

При оборудовании укрытий для автомобилей звукометрического комплекса в первую очередь используют естественные укрытия — выемки, отроги оврагов, насыпи, карьеры и другие складки местности, позволяющие уменьшить потери личного состава и техники.

При наличии сил, средств и времени для защиты автомобилей подразделения отрывают укрытия котлованного типа (рис. 11.8). Аппарели для выезда автомобилей из укрытий устраивают с уклоном не более 18°. При устройстве аппарелей особое внимание следует обращать на обеспечение быстрого выхода техники из укрытия при любых метеоусловиях. Для этого в слабых и глинистых грунтах оборудуют колеи из бревен, фашин или камней.

Для сбора дождевой или талой воды в котловане отрывают водосборный колодец, а его дну придают уклон, обеспечивающий сток воды. Для отвода поверхностных вод от сооружения, оборудованного на обратном скате, отрывают нагорные водоотводные

канавы шириной до 30 см и глубиной до 20 см. Приведенные на рис. 11.8, *а* характеристики укрытия имеют следующие размеры: ширина (*а*) — 3 м; длина горизонтальной части (*б*) — 7,5 м; длина аппарели (*в*) — 6 м; глубина котлована (*h*) — 1,8 м; высота бруствера ($h_{бр}$) — 1,4 м. При отрывке одного котлована указанных размеров объем вынутого грунта составляет 80 м³. В условиях равнинной местности и грунтов средней категории для проведения инженерного оборудования такого укрытия требуется 90 чел.-ч. В зависимости от рельефа местности длина аппарели может быть различной.

Отрывка открытого сооружения для наблюдения на посту наблюдения и связи осуществляется в соответствии с рис. 11.9. Объем вынутого грунта при этом составляет 5 м³, а на устройство такого сооружения требуется 6 чел.-ч.

Окопы для звукоприемников (рис. 11.10) отрывают такого размера, чтобы расстояние от стенок и перекрытий окопа до корпуса звукоприемника составляло 10—15 см. Окоп закрывают брезентом или матом, сплетенным из местных материалов, а сверху насыпают слой земли или снега толщиной 3—5 см. Объем вынутого грунта при оборудовании одного окопа для звукоприемника составляет 0,2 м³, на устройство окопа требуется 0,25 чел.-ч. Линии связи, идущие к звукоприемникам, маскируют.

Выполнение работ по оборудованию укрытий для автомобилей, открытого сооружения для наблюдения, окопов для звукоприемников и углублений для комплекта выносных приборов (при работе в выносном варианте) осуществляется в первую очередь, а

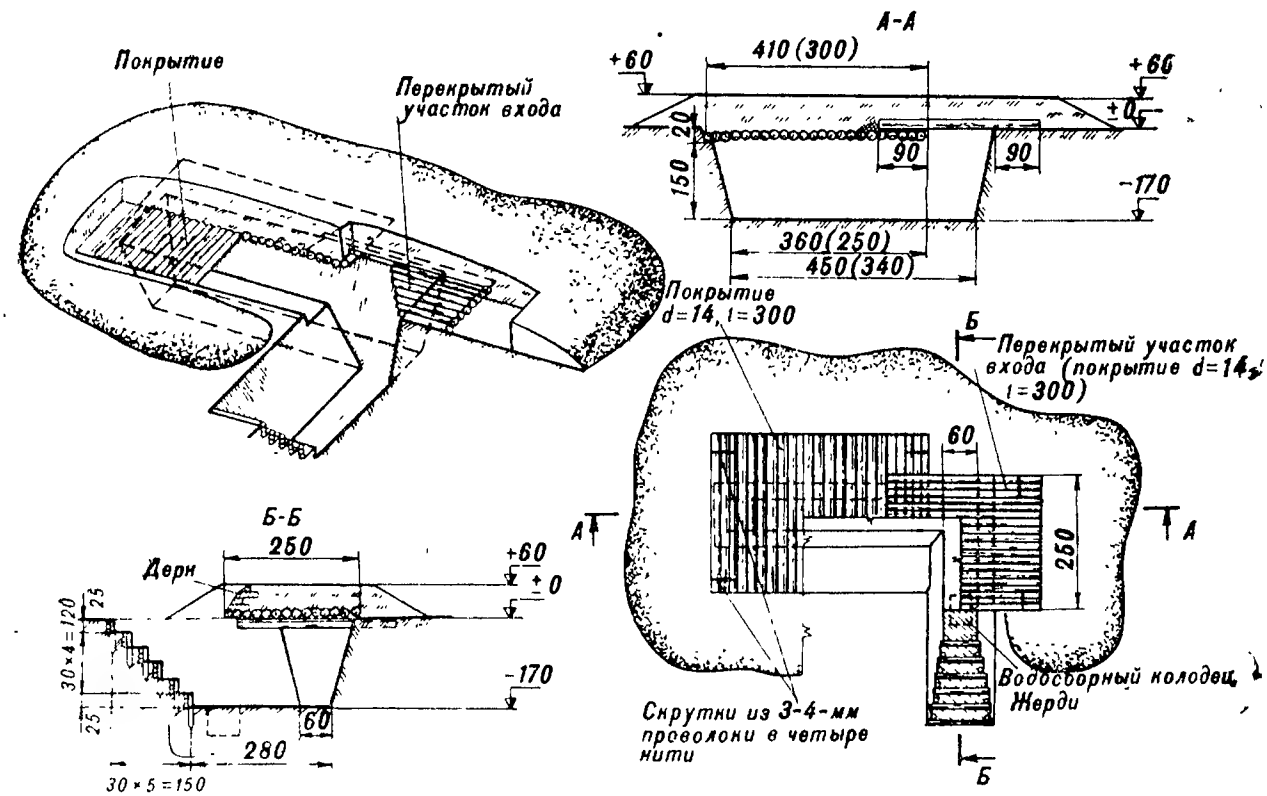


Рис. 11.11. Перекрытая щель для личного состава

инженерное оборудование перекрытых щелей для личного состава (рис. 11.11) и окопов для ведения огня из стрелкового оружия — во вторую очередь. Для оборудования перекрытых щелей требуется без заготовки материалов 28 чел.-ч, круглого леса — 2,4 м^3, для оборудования окопа для двух стрелков — 1,8 чел.-ч.

Организуя инженерное оборудование пунктов и постов, командир подразделения указывает личному составу характер, последовательность и сроки его проведения, выделяемые для этой цели силы и средства и руководит работой по его выполнению.

Укрытие пунктов и постов подразделения от наблюдения противника осуществляется с помощью местных материалов и табельных маскировочных комплектов МКТ или МКС. Маскировочный комплект МКТ изготовляют на хлопчатобумажной тканевой основе. Он имеет три модификации: транспарантную, пустынно-песчаную и зимнюю для использования соответственно на растительном, пустынно-песчаном или снежном фоне. Маскировочный комплект МКС изготовляют из синтетического материала. Он используется на пустынно-песчаных и пустынно-степных фонах.

Умелая организация и проведение работ по инженерному оборудованию элементов боевого порядка подразделений звуковой разведки с последующей их маскировкой создадут благоприятные условия для выполнения поставленных задач в различных условиях обстановки.

Глава 12

ВЕДЕНИЕ РАЗВЕДКИ ПРОТИВНИКА

12.1. Действия расчетов базных пунктов комплекса АЗК-5 при приеме сигналов звуков выстрелов

Убедившись в работоспособности аппаратуры звукометрического комплекса, командир подразделения подает команду на пост наблюдения и связи и базные пункты: **«Вести разведку. Подрежим автоматический с контролем».**

По этой команде на базных пунктах проводят следующие операции:

устанавливают на блоке БЛ-25 стойки СТ-2 переключатель РЕЖИМ в положение РАБОТА;

устанавливают на пульте ПЛ-3-1 переключатели: РЕЖИМ — в положение АК; РАБОТА — КОНТРОЛЬ — в положение РАБОТА; ВВОД — ВЫВОД — в положение ТВ-2;

переводят на блоке БЛ-5 стойки СТ-2 выключатели ВРЕМЯ С: 0,25 — ВЫКЛ. — в положение 0,25; 0,5 — ВЫКЛ. — в положение 0,5; МНОЖИТЕЛЬ — в положение ×4, предельно увеличивая сектор ведения разведки;

устанавливают выключатель РАСПОЗНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА на блоке БЛ-5 стойки СТ-2 в верхнее положение, включая фильтр частотного распознавания принятых сигналов по 2-му и 3-му каналам в пределах 7—40 Гц; если частота поступающих сигналов находится в указанном диапазоне, они считаются полезными, о чем свидетельствует загорание ламп СИГНАЛ на панели этого блока, а вне указанного диапазона — недостоверными, при этом загораются сигнальные лампы ПОМЕХА;

нажимают кнопку ПУСК на пульте ПЛ-3-1, приводя его схему в исходное состояние;

устанавливают на всех блоках БЛ-8 стойки СТ-2 переключатели УСИЛЕНИЕ в такое положение, при котором сигнальные лампы измерительного уровня ИЗМ. не горели бы постоянно, а мигали вполнакала, сигнализируя о том, что усиление каналов имеет такие значения, при которых их собственные шумы кратковременно достигают измерительных уровней, поэтому принимаемые сигналы, имеющие даже незначительные амплитуды, будут приняты в обработку;

устанавливают на регистрирующем приборе выключатель ПРОТЯЖКА — ВЫКЛ. в положение ПРОТЯЖКА;

нажимают повторно на пульте ПЛ-3-1 кнопку ПУСК для полного исключения возможности ошибочного состояния схемы пульта индикации;

докладывают на центральный пункт о начале ведения разведки, например, **«Правый разведку ведет».**

Получив на ленте регистрирующего прибора запись группы принятых звукоприемниками сигналов, контролируют правильность выделения начал и передана ли обработанная базным пунктом информация на центральный пункт автоматически для проведения последующих вычислений.

В случае если на ленте имеется отметка опознания полезности принятых сигналов и эта информация автоматически передана на центральный пункт для последующей обработки (см. рис. 7.10), при работе в подрежиме АК проводят контроль правильности распознавания аппаратурой принятых сигналов и выделение начал этих сигналов в системе единого времени. Обнаружив ошибку в выделении начал электрических сигналов, над записью номера их группы ставят букву Р, указывая на необходимость проведения ручной обработки данной группы сигналов. Если при контроле обнаружено, что отметка опознания полезности сигналов выдана по помехе, запись номера группы на ленте зачеркивают, группу не обрабатывают, а на центральный пункт немедленно

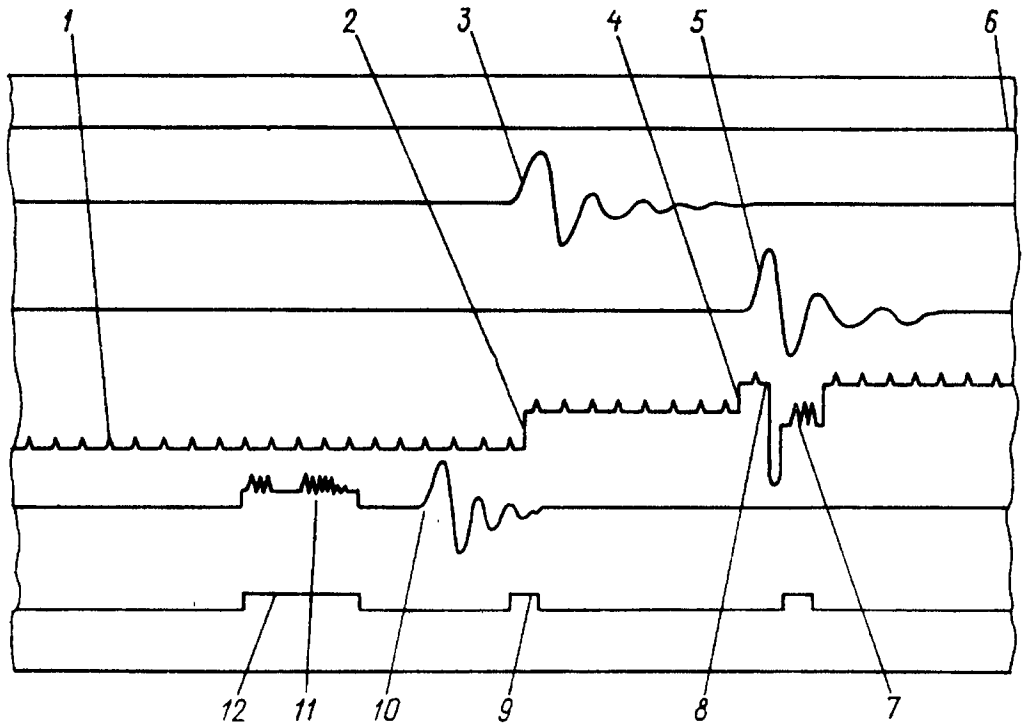


Рис. 12.1. Пример записи сигналов на ленте регистрирующего прибора при их автоматической обработке и непередаче информации на центральный пункт:

1 — стомиллисекундные метки; *2* — отметка выделения начала сигнала по 3-му каналу; *3* — сигнал 3-го канала; *4* — отметка выделения начала по 2-му каналу; *5* — сигнал 2-го канала; *6* — канал ВО; *7* — отметка номера группы принятых сигналов; *8* — отметка автоматического опознания полезности принятых сигналов; *9* — односекундная метка; *10* — сигнал 1-го канала; *11* — запись грубого времени; *12* — десятисекундная метка

докладывают об обнаруженной ошибке, например, **«Я третий, ошибка, группа девятая».**

В случае если на ленте зафиксирована отметка опознания полезности принятых сигналов и отметка непередачи информации на центральный пункт (рис. 12.1), то это указывает, что принятая группа сигналов автоматически обработана, но данные о ней на центральный пункт не переданы и хранятся в пульте ПЛ-3-1. Установив правильность автоматической обработки сигналов, данные о ней передают на центральный пункт нажатием на пульте ПЛ-3-1 кнопки ВКЛ. ПЕРЕДАЧИ. Если же в автоматической обработке аппаратурой допущена ошибка, результаты обработки, хранящиеся в памяти пульта ПЛ-3-1, сбрасывают нажатием кнопки ПУСК; на ленте при ошибке в выделении начал ставят букву Р (рис. 12.2), а в случае обработки помехи вместо полезного сигнала зачеркивают номер группы и ленту не обрабатывают.

Если отметка опознания полезности сигналов на ленте не зафиксирована, но группа сигналов является пригодной для обработки, на такой ленте также ставят букву Р и в последующем обрабатывают вручную.

Ручная обработка группы сигналов включает определение грубого времени приема сигналов (ГВ), точных времен приема сигналов звукоприемниками ЗП-2 и ЗП-3 (ТВ2 и ТВ3), присвоение данной группе из двух сигналов порядкового номера (№ гр) и передачу полученных данных на центральный пункт через пульт ПЛ-3-2 при установке режима его работы в положение Р ЭВМ. При этом время, затраченное на обработку и передачу этой группы сигналов, не должно превышать времени, признак которого введен в 32-ю ячейку ДЗУС, так как в противном случае она уже

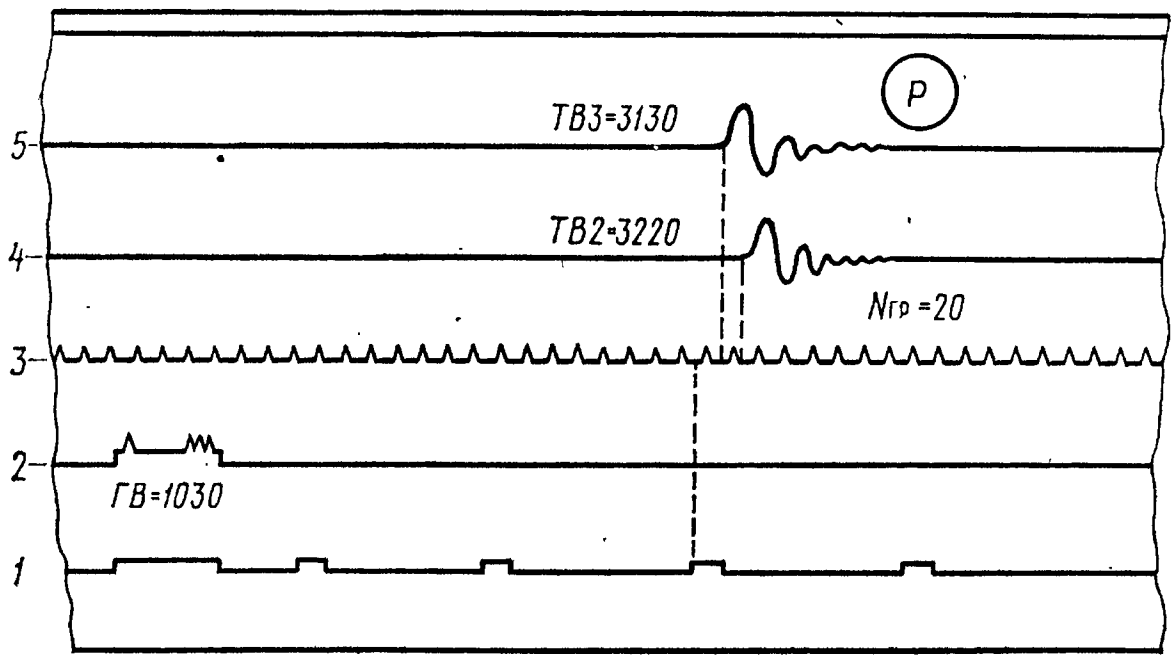


Рис. 12.2. Пример записи сигналов без выделения начал:
1 — канал НО; *2* — 1-й канал; *3* — канал «Нач. ОП»; *4* — 2-й канал; *5* — 3-й канал

не будет учтена в обработке. Координаты цели (разрыва) будут рассчитаны по информации, полученной с двух других базных пунктов (независимо от величины угла засечки). Если информация имелась только от одного базного пункта, то она по истечении установленного времени ожидания (32-я ячейка ДЗУС) будет изъята из массива ОЗУ ЦВМ.

Для определения грубого и точных времен прихода сигнала на ленте регистрирующего прибора из точек начала резких отбросов перьев с помощью линейки проводят вертикальные линии до нижнего среза ленты. По меткам ГВ определяют его значение, записанное кодом в аналоговом виде (см. рис. 7.10), которое всегда определяется до десятков секунд, т. е. число единиц ГВ представляется нулем в последнем разряде. Запись ГВ на ленте имеет от одной до трех групп меток по девять импульсов в каждой (при этом для удобства считывания значения амплитуды первых пяти импульсов в группе всегда имеют значения в два раза большие, чем последующие импульсы). Следует помнить, что зафиксированные таким образом на ленте значения ГВ определяют относительно записи сигнала по 2-му каналу. Если запись сигнала по 2-му каналу произведена позже левого среза своеобразного «пьедестала», на котором произведена запись меток ГВ, значение ГВ для передачи данных первичной обработки на центральный пункт будет определено в соответствии с его записью на ленте, если же запись сигнала по 2-му каналу произведена раньше левого среза «пьедестала» ГВ, зарегистрированное значение ГВ уменьшают на 10 с.

Ленты с записями группы сигналов, не имеющие записи меток грубого времени ГВ, к обработке непригодны.

Номер группы принятых сигналов определяют по кодированной записи, расположенной после отметки опознания их полезности. При работе аппаратуры в автоматическом подрежиме группам электрических сигналов присваиваются порядковые номера от 1 до 18, после чего цикл нумерации повторяется. Запись номера группы может иметь до девяти импульсов, расположенных на уровне окончания записи отметки опознания полезности сигналов при их нумерации от 1 до 9, при этом первые пять импульсов, как и метки ГВ, имеют амплитуду записи, в два раза большую, чем последующие импульсы. В случае записи номера группы от 10 до 18 производится запись своеобразного «пьедестала», обозначающего кодированную запись числа 10, а на нем — соответствующее количество импульсов (от 1 до 8), которое в сумме с «пьедесталом», т. е. числом 10, обозначает номер группы сигналов от 11 до 18.

Передачу на центральный пункт полученной информации при ручной обработке группы сигналов производят через пульт ПЛ-3-2, для чего устанавливают переключатель ВВОД — ВЫВОД в соответствующие положения и кнопками наборного поля набирают значения вводимых величин ТВ2, ТВ3, ГВ и № гр. Осуществив контроль правильности набора по табло пульта, нажимают

кнопку ВКЛ. ПЕРЕДАЧИ в тот момент, когда не горит лампа ПЕРЕДАЧА на пульте ПЛ-3-1, при этом кратковременно загорается сигнальная лампа ПЕРЕДАЧА на пульте ПЛ-3-2 и набранная информация, закодированная в двоичной системе счисления, передается на центральный пункт для вторичной обработки.

В ходе боевой работы на базных пунктах:

контролируют по записям на лентах регистрирующих приборов автоматическое прохождение сигналов на центральный пункт;

периодически проверяют и при необходимости уточняют установку уровней усиления принимаемых сигналов на блоках БЛ-8 стойки СТ-2;

включают при необходимости переключатели ОСЛАБЛЕНИЕ ВЕТРОВЫХ ПОМЕХ или ОСЛАБЛЕНИЕ ПОМЕХ ВЧ на блоке БЛ-5 стойки СТ-2 в случае возникновения низкочастотных (ветровых) или высокочастотных помех, возникающих при сильном ветре или плохой защите звукоприемника в окопе, а также при пролетах авиации, реактивных снарядов на активном участке траектории, при движении танков, машин и т. д. Следует иметь в виду, что включение любого из частотных фильтров в определенной мере снижает уровень полезных сигналов, поэтому указанные фильтры без крайней необходимости не включают;

переходят к работе в автоматическом подрежиме, если скорость поступления сигналов увеличилась настолько, что контроль за их прохождением становится затруднительным и приводит к пропуску части принимаемой информации;

переходят к работе в аварийном режиме работы при выходе из строя ЦВМ или центрального пункта в целом;

докладывают на центральный пункт об изменении подрежимов работы базных пунктов;

следят за своевременной заменой рулонов бумажной ленты регистрирующих приборов;

переходят в режим работы на радиосредствах в случае нарушения проводной связи с центральным пунктом и принимают меры к ее восстановлению.

12.2. Особенности действий расчетов базных пунктов комплекса АЗК-7 при приеме сигналов звуков выстрелов

Работа аппаратуры комплекса АЗК-7 происходит в автоматическом режиме, при котором сигналы с базных пунктов без участия оператора поступают на центральный пункт. Для контроля правильности автоматической обработки информации производят проверку обработки лент регистрирующего прибора, для чего включают регистрирующий прибор и нажимают на пульте ПЛ-14 кнопку адреса записи АЗП-0 (при этом происходит сброс ранее записанной в пульте информации) и кнопку R (при этом табло пульта обнуляется, т. е. высвечивается комбинация 000000). После этого производят запись двух-трех реальных сигналов, поступающих к звукоприемникам от звучащих целей, в ячейки памяти пульта

ПЛ-14: информация о первом сигнале поступает в 0-ю ячейку, о втором сигнале — в 1-ю ячейку, о третьем сигнале — во 2-ю ячейку, при этом загораются светодиоды адреса записи АЗП 1 и 2. В последующем производят обработку каждого из записанных сигналов, применяя два вида обработки: аппаратный и ручной.

При проведении аппаратной обработки сигналов производят списывание информации о любом из ранее записанных сигналов по 64 адресам памяти пульта ПЛ-14 путем установки выключателей адреса считывания АСЧ в определенные положения, последующего нажатия и отпускания кнопки С пульта. После первого нажатия и отпускания кнопки С загораются светодиоды 1—16, горящая комбинация которых характеризует тип, качество и направление прихода сигналов. Так, горение светодиода № 2 характеризует распознание сигнала баллистической волны. Если светодиод не горит, то это указывает на ее отсутствие.

Горение или негорение светодиодов № 3 и 4 характеризует распознание качества сигнала, которое оценивается по четырехбалльной системе: 0, 1, 2, 3 (высшим качеством при этом является признак 0). Если светодиоды № 3 и 4 не горят, качество сигнала оценивается признаком 0; если горит светодиод № 4, качество оценивается признаком 1; при горении светодиода № 3 качество оценивается признаком 2, а в случае горения светодиодов № 3 и 4 одновременно качество оценивается признаком 3.

Горение светодиода № 5 указывает на распознание сигнала как недостоверного, отсутствие горения этого светодиода свидетельствует об обратном.

Горение светодиода № 6 сигнализирует о приходе тыльной звуковой волны (помехи), судить о фронтальной волне можно лишь в случае отсутствия свечения этого светодиода.

Горение светодиода № 9 характеризует распознание прохождения сигнала сквозного контроля аппаратуры первичной обработки информации, а отсутствие его горения указывает, что получен сигнал от реального выстрела или разрыва снаряда.

Десятичное число, высвеченное на цифровом табло пульта ПЛ-14, определяет сумму весов первых 16 бит информации и используется при ремонте и наладке аппаратуры.

После второго нажатия и отпускания кнопки С на цифровом табло пульта ПЛ-14 высвечивается число в десятичном виде, которое определяет значение и знак поправки коррелятора $\Delta\tau$ (мс). Это значение может находиться в пределах от 0 до 255 мс. При определении значения этой поправки необходимо иметь в виду, что она всегда представляет собой четное число, знак которого определяют, исходя из высветившегося на табло пульта ПЛ-14 значения. Если на табло высветилось нечетное число, например 5, то из этого числа вычитают единицу и присваивают числу отрицательный знак: $\Delta\tau = 5 - 1 = -4$ (мс). В случае индикации на табло пульта ПЛ-14 четного числа поправка коррелятора положительна и равна этому числу. Знак поправки коррелятора подтверждает светодиод № 16: при его свечении поправка коррелятора $\Delta\tau$

имеет отрицательный знак («минус»), а при отсутствии свечения — положительный («плюс»).

После третьего нажатия и отпускания кнопки С на цифровом табло ПЛ-14 высвечивается число в десятичном виде, которое определяет время обработки сигнала по 2-му каналу T_2 (мс), т. е. время от момента начала сигнала до момента его передачи. На светодиодах 1—16 высвечивается это же значение T_2 в двоичном коде. При этом учитывают, что T_2 всегда представляет собой четное число, которое берется по абсолютной величине (модулю), т. е. $T_2=|T_2|$. Например, если на цифровом табло высветилось число 1427 мс, считают, что $T_2=1426$ мс.

После четвертого нажатия и отпускания кнопки С на цифровом табло пульта ПЛ-14 высвечивается число в десятичном виде, которое определяет время обработки сигнала по 3-му каналу T_3 (мс). На светодиодах 1—16 высвечивается значение T_3 в двоичном коде, которое, как и T_2, всегда должно быть четным и взятым по модулю, т. е. $T_3=|T_3|$. Например, если на цифровом табло высветилось число 1153, принимают T_3 равным 1152 мс.

Для определения разности времен в миллисекундах обработки аппаратным методом используют формулу

$$\tau=|T_2|-|T_3|-\Delta\tau,$$

при расчете по которой в случае получения положительного результата утверждают, что сигнал пришел справа от директрисы акустической базы, и наоборот.

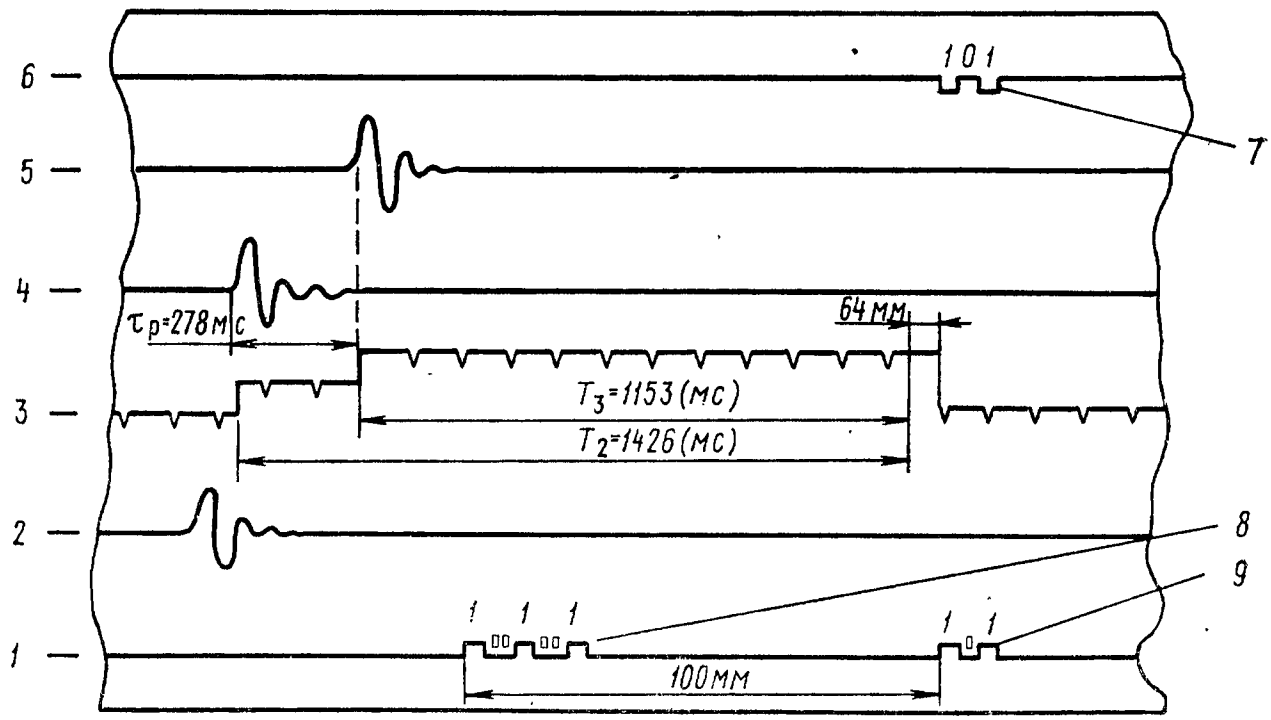


Рис. 12.3. Пример проведения ручной обработки:

1 — канал НО; *2* — 1-й канал; *3* — канал «Нач. ОП»; *4* — 2-й канал; *5* — 3-й канал; *6* — канал ВО; *7* — сигнал опознания; *8* — адрес записи опознания в ОЗУ; *9* — сигнал опознания

В условиях нашего примера, если поправка коррелятора $\Delta\tau = -4$ мс, разность времени τ определится:

$$\tau = 1426 - 1152 - (-4) = +278 \text{ мс}.$$

Аналогично определяют параметры других сигналов, принятых аппаратурой.

При проведении ручной обработки ленты регистрирующего прибора (рис. 12.3) значение разности времен τ_p определяется как разность между соответствующими точками начала отбросов перьев по 2-му и 3-му каналам, которая определяется с помощью миллиметровой линейки. В условиях нашего примера это расстояние равно 27,8 мм, т. е. $\tau = +278$ мс.

Расхождение значений разности времен, полученных аппаратным и ручным способами обработки, не должно превышать ± 10 мс. В этом случае делают вывод о правильности автоматической обработки поступающей на базные пункты информации. Аналогично проводят контроль обработки для остальных сигналов.

Для определения T_2 и T_3 измеряют расстояние от начала выделения сигнала по 2-му или 3-му каналу соответственно до линии, отстоящей на 64 мм влево от окончания записи сигнала опознания (рис. 12.3). Сигнал опознания регистрируется на ленте верхним (ВО) и нижним (НО) отметчиками. Длительность этих импульсов определяет тип сигнала и направление его прихода. Сформированные из трех битов (рис. 12.4), импульсы несут следующую информацию:

первый бит обязательно присутствует всегда;

второй бит характеризует направление прихода сигнала: при его фиксировании принято считать, что сигнал пришел с тыла (помеха), при его отсутствии считают сигнал фронтальным;

третий бит указывает на наличие поправки коррелятора: при его фиксировании считают, что сигнал обработан с поправкой коррелятора, а при его отсутствии — без этой поправки.

Адрес записи сигнала в ОЗУ пульта ПЛ-14 вместе с этим же сигналом опознания регистрируется нижним отметчиком (НО). Для его определения по ленте регистрирующего прибора влево от начала сигнала опознания откладывают с помощью линейки 100 мм и по наличию единиц в сигнале адреса записи определяют адрес записи сигнала опознания в ОЗУ пульта. В условиях нашего примера (см. рис. 12.3) такая регистрация означает, что сигнал опознания в ОЗУ находится в девятой ячейке, он пришел с фронта и обработан с поправкой коррелятора.

12.3. Действия расчета центрального пункта АЗК-5 при приеме информации с базных пунктов, поста наблюдения и связи

Поступающая с базных пунктов информация автоматически обрабатывается в ЦВМ с учетом введенных в нее метеорологиче-

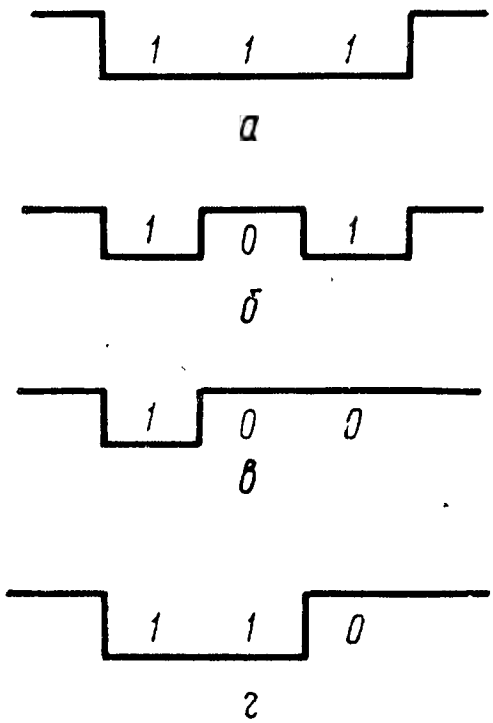


Рис. 12.4. Примеры записей на ленте сигналов опознания:

а — сигнал Т (пришедший с тыла) с поправкой коррелятора; *б* — сигнал Ф (пришедший с фронта) с поправкой коррелятора; *в* — сигнал Ф без поправки коррелятора; *г* — сигнал Т без поправки коррелятора

ских данных или с учетом поправок на систематическую ошибку, определенную по результатам засечки звуковых реперов. Полученные координаты целей и другие данные печатаются на ленте телеграфного аппарата. При этом результаты первой, третьей и шестой засечек одной и той же цели выводятся на печать в виде шести цифровых групп, а информация о второй, четвертой и пятой засечках этой же цели печатается на ленте телеграфного аппарата в сокращенном виде, например:

701 9-15 72426 22036 1 011605/
701 2 021706/
701 9-16 72466 22044 П3 001807/
701 4 030108/
701 5 040209/
701 9-17 72448 22041 6 050310/

где по результатам 1, 3 и 6-й засечек:

первая трехзначная цифровая группа обозначает номер цели (701-я);

вторая четырехзначная группа указывает текущее значение астрономического времени (часы и минуты) засечки цели (9 ч 15 мин);

третья и четвертая пятизначные группы обозначают прямоугольные координаты цели; при печати 3-й и 6-й засечек фиксируются осредненные значения координат цели;

пятая группа обозначает количество засечек (усреднений) данной цели; если перед этой цифрой отпечатывается буква П, то это значит, что угол засечки при обработке данной цели имел значение меньше 5-00;

шестая шестизначная группа — служебная, обозначает попарно номера групп информации о результатах первичной обработки,

под которыми она проводилась на левом, среднем и правом базных пунктах соответственно. В случае отсутствия информации от одного из базных пунктов вместо номера группы такой информации печатаются нули.

Результаты 2, 4 и 5-й засечек цели содержат только номер цели, количество засечек данной цели и служебную группу.

В условиях нашего примера в 3-й засечке цели вследствие пропуска в приеме сигналов на левом базном пункте угол засечки оказался меньше 5-00, что привело к расчету координат цели с характеристикой «приближенно». Пропуск в приеме информации на базном пункте обязывает командира подразделения выяснить причину этого и принять меры, обеспечивающие устойчивую работу аппаратуры.

При необходимости получить осредненные координаты цели после 2, 4 или 5-й ее засечек устанавливают выключатель СРЕДНЕЕ 2-4-5 пульта ПЛ-8 в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, затем выключатель переводят в нижнее положение. На ленте телеграфного аппарата отпечатывается информация в виде:

701 9-15 72431 22038 2/

где последняя цифра указывает, что координаты цели определены по двум усреднениям.

После отпечатывания осредненных координат цели по шести ее засечкам данные об этой цели из оперативной памяти ЦВМ стираются. При последующих засечках этой же цели ей будет присвоен очередной номер.

Если на ленте телеграфного аппарата отпечатывается слово СБОЙ, это свидетельствует о потере принятой информации. В этом случае, если расчет производился с учетом метеоданных или поправок на систематическую ошибку, а сигнальные лампы МД или Р-1 (Р-2, Р-3) на пульте ПЛ-8 погасли, необходимо вновь ввести соответствующую информацию.

При поступлении с базного пункта доклада об ошибке в первичной обработке группы сигналов по номеру этой группы находят ленту телеграфного аппарата и отпечатанные координаты не принимают во внимание.

В ходе боевой работы отпечатываемая на ленте телеграфного аппарата информация документируется путем наклеивания в журнал ведения разведки и обслуживания стрельбы. Точки по их координатам наносят на рабочую карту или крупномасштабный планшет, анализируют разведывательные данные и передают полученную разведывательную информацию по назначению.

С точки зрения технической возможности засечка целей и определение их координат могут быть получены и без участия поста наблюдения и связи, однако трудно переоценить роль этого поста в бою. Пост наблюдения и связи, по существу, является глазами подразделения звуковой разведки. Личный состав этого поста постоянно докладывает командиру подразделения об изменениях обстановки в ходе боя, устанавливает взаимодействие с подразделениями артиллерийской разведки и обслуживаемым артиллерий-

ским подразделением, а также производит пуск аппаратуры при работе звукометрического комплекса в аварийном режиме. Пуск аппаратуры при работе на проводных средствах связи осуществляется нажатием кнопки на посту наблюдения и связи, а при работе на радиосвязи — подачей команды **«Пуск»**, по которой на базных пунктах включают регистрирующие приборы.

В ходе боевой работы начальник поста наблюдения и связи определяет калибр и систему стреляющей батареи (орудия) противника, а также район расположения цели или направление на цель по наблюдаемым демаскирующим признакам или на слух по звуку выстрела. В случае если наблюдается блеск или дым выстрелов, он определяет полярные координаты цели с помощью буссоли и секундомера, район обстрела и примерное количество разрывов снарядов (мин). Полученные сведения немедленно передает на центральный пункт, например: **«6.52—7.12, батарея 155-мм самоходных гаубиц, цель 702-я, 12 отдельных выстрелов, по блеску 2—30, 4500. Разрывов нет»** — и записывает в журнал разведки (табл. 12.1).

12.4. Работа расчетов АЗК-5 при определении и учете поправок на систематическую ошибку

Определение и учет поправок на систематическую ошибку (см. подразд. 6.2) в работе подразделения звуковой разведки позволяют определять координаты целей с характеристикой «точно» в тех случаях, когда топогеодезическая привязка базных пунктов выполнена на геодезической основе, а метеорологические условия определены не были или когда координаты точек разбивки акустических баз определены по карте (аэрофотоснимку) с помощью навигационной аппаратуры или приборов.

Систематическую ошибку определяют опытным путем и учитывают в ходе боевой работы подразделения звуковой разведки.

Для определения поправок на систематическую ошибку по результатам засечки фиктивного звукового репера на карте намечают одну — три точки, которые называют точками накола для создания реперов. Точки накола, как правило, выбирают в центрах районов особого внимания, где наиболее вероятно следует ожидать артиллерийские или минометные подразделения противника. Углы засечки по точкам накола должны быть не менее 5-00.

Для засечки звукового репера командир подразделения звуковой разведки устанавливает с командиром артиллерийского подразделения взаимодействие и получает от него задачу, например: **«Засечь звуковой репер первый в районе ориентира четвертого, $x=72400$, $y=21700$, калибр 152, взрыватель осколочный полетное 18, доложить темп огня и готовность»**. Командир подразделения звуковой разведки рассчитывает темп стрельбы, обеспечивающий засечку каждого разрыва, и по готовности подразделения докладывает командиру артиллерийского подразделения, например: **«Подразделение готово, темп 30 секунд»**. Приняв команду

Таблица 12.1

Журнал разведки поста наблюдения и связи
(вариант заполнения)

Начало и окончание стрельбы	Наименование цели и характеристика ее деятельности	Направление на цель	Дальность до цели, м	Положение цели относительно ориентиров (местных предметов)	№ цели
14 марта 6.40—6.45	Взвод 106,7-мм минометов, по звуку выстрелов, 2 выстрела по железнодорожной станции	59-80	2000	В районе выс. 103,8	701
6.52—7.12	Артиллерийская батарея, по блеску выстрелов, 12 отдельных выстрелов, разрывов нет	2-30	4500	1 км южн. выс. «Боб»	702
...	...	...	...	...	...

«Засечь один разрыв», командир подразделения звуковой разведки ставит задачу личному составу базных пунктов и поста наблюдения и связи, повторяя принятую команду, а после получения доклада о выстреле предупреждает о нем подчиненных. С отпечатыванием на ленте телеграфного аппарата координат разрыва он делает вывод о возможности засечки разрывов в данном районе. Если первый разрыв не засечен подразделением звуковой разведки, назначают второй выстрел. В случае если второй выстрел производят на других установках для стрельбы, командир артиллерийского подразделения сообщает об этом командиру подразделения звуковой разведки.

Получив ленту телеграфного аппарата с результатами засечки первого разрыва, например: 702 9-38 72388 21837 1 060411, вводят в ЦВМ координаты разрыва снаряда, принимая их за точку накола репера, и порядковый номер, присвоенный реперу (первый, второй или третий), для чего:

устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель ВВОД $x_н$ $y_н$ № р программы РАБОТА С СО в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, затем выключатель переводят в нижнее положение;

после загорания сигнальной лампы ВВОД С СТА печатают на клавиатуре телеграфного аппарата координаты и номер разрыва, осуществляя контроль вводимой информации по световому табло ЦВМ при нажатой клавише пробела;

устанавливают выключатель В ЦВМ программы РАБОТА С СО в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, при этом лампа ВВОД С СТА гаснет и начинает мигать лампа Р-1 на пульте ПЛ-8, после чего выключатель переводят вниз. При работе по программе определения поправок на систематическую ошибку в

ЦВМ введено условие: за засекаемый звуковой репер считать те разрывы снарядов, которые произошли в пределах окружности радиусом 1 км, причем при наличии нескольких групп разрывов именно те, которые к точке накола оказались ближе. Мигающая лампа Р-1 свидетельствует о том, что координаты точки накола поступили в ЦВМ;

докладывают командиру артиллерийского подразделения: **«Разрыв засечен».**

Приняв команду **«Засечь четыре разрыва»,** командир подразделения звуковой разведки ставит задачу своим подчиненным, например, **«Засечь четыре разрыва, 30 секунд выстрел»** и по мере получения сообщений о каждом выстреле предупреждает о них подчиненных. По каждому разрыву группы получают результаты засечки, отпечатываемые на ленте телеграфного аппарата в таком же порядке, как и при засечке цели. При этом впереди каждой засечки дополнительно печатаются признак репера и его номер, например:

Р-1 702 9-40 72361 21848 1 070512/

Р-1 702 2 080613/

Р-1 702 9-41 72411 21896 3 090714/

Р-1 702 4 100815/

Получив результаты засечек по всем разрывам группы, докладывают командиру артиллерийского подразделения: **«Репер засечен».** При получении пропусков в засечках разрывов отдельными базными пунктами командир подразделения докладывает командиру артиллерийского подразделения только о количестве засечек в группе. В этом случае стрельбу продолжают до получения необходимого числа (не менее четырех) засечек в группе.

После создания звукового репера командиру подразделения звуковой разведки сообщают координаты репера, полученные подразделением оптической или радиолокационной разведки, например: **«Репер первый, $x=72134$, $y=21658$».** Принимая эти координаты за истинные, их вводят в ЦВМ, для чего:

устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель ВВОД $x_и$ $y_и$ № р программы РАБОТА С СО в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, после чего выключатель переводят в нижнее положение;

печатают с клавиатуры телеграфного аппарата после загорания лампы ВВОД С СТА истинные координаты и номер репера, контролируя правильность ввода по световому табло ЦВМ;

устанавливают выключатель ПЕЧАТЬ ПОПРАВОК программы РАБОТА С СО в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, при этом гаснет лампа ВВОД С СТА, лампа Р-1 перестает мигать и горит постоянно, что свидетельствует о расчете поправок на систематическую ошибку и хранении данных о них в оперативной памяти ЦВМ;

контролируют отпечатывание на ленте телеграфного аппарата

результатов расчета ЦВМ поправок на систематическую ошибку, например:

Р-1 702 -12 -26 -29 9-42 72388 21837 4-4-4 /

где Р-1 — признак репера и его номер;
702 — номер, присвоенный в ЦВМ засечкам по реперу;
-12, -26, -29 — поправки на систематическую ошибку для левого, среднего и правого базных пунктов в малых делениях угломера со своими знаками;
9-42 — астрономическое время расчета поправок;
72388, 21837 — осредненные координаты звукового репера, вычисленные в ЦВМ;
4-4-4 — количество разрывов, засеченных левым, средним и правым базными пунктами соответственно.

Поправки для учета систематической ошибки по результатам засечки второго и третьего реперов определяют аналогично. Ленты телеграфного аппарата с результатами расчетов этих поправок наклеивают в журнал разведки для повторного ввода в ЦВМ в случае сбоя в ее работе или обнуления оперативной памяти. Кроме того, измеряют значения наземных метеорологических данных на момент окончания засечки каждого репера.

Создание одного репера обеспечивает подразделению звуковой разведки получение координат целей с характеристикой «точно» в пределах окружности радиусом 2,5 км, центром которой является точка с координатами звукового репера. Командир вычислительного взвода наносит на рабочую карту зоны действия поправок на систематическую ошибку по результатам засечки каждого репера в виде окружностей радиусом 2,5 км.

Поправки на систематическую ошибку по времени действительны в пределах допустимого изменения метеоусловий по сравнению с теми условиями, которые наблюдались в момент создания репера:

наземной температуры воздуха на ±3° С;
направления наземного ветра на ±4-00;
скорости наземного ветра на ±2 м/с.

При изменении любого из указанных метеоусловий на величину, превышающую допустимое значение, звуковой репер создают заново. В этом случае для изъятия из ОЗУ ЦВМ устаревших сведений по некоторым реперам производят обнуление устаревшей информации, для чего устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель ВВОД СО в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, после чего выключатель переводят в нижнее положение. Отпечатывают с клавиатуры телеграфного аппарата номер репера и признак обнуления информации по данному реперу — нуль. Устанавливают выключатель СО В ЦВМ в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, при этом лампа Р-1 погаснет, что свидетельствует об обнулении информации по первому реперу.

При невозможности использования для засечки репера другое,

более точное средство разведки на пристрелянных установках по действительному реперу дают четыре выстрела с темпом, обеспечивающим засечку каждого разрыва. Дальнейшую обработку производят в порядке, указанном выше, принимая за истинные координаты значения координат репера, снятые с карты (аэрофотоснимка).

Для определения поправок на систематическую ошибку по результатам засечки выстрелов батареи (отдельных орудий) противника, одновременно засеченных подразделением звуковой разведки и другим, более точным средством разведки, работу ведут как и при засечке фиктивного звукового репера, за исключением некоторых особенностей.

Получив по результатам засечки цели ее осредненные координаты и координаты этой же цели, определенные другим средством разведки, на АМЦП решают обратную звукометрическую задачу, вводя в ЦВМ координаты цели, засеченной подразделением звуковой разведки. Получив на ленте телеграфного аппарата результаты решения задачи в виде времен ТВ2, ТВ3 и ГВ для каждого базного пункта, присваивают этим группам времен свой номер (обычно 99) и передают их на базные пункты для ввода через пульты ПЛ-3-2. После этого включают на пульте ПЛ-8 выключатель ОБНУЛЕНИЕ и нажатием кнопки ПУСК обнуляют оперативную память ЦВМ, в том числе и метеоданные, введенные в нее ранее, при этом лампа МД гаснет, затем переводят выключатель в нижнее положение. Необходимость обнуления метеоданных объясняется тем, что в противном случае ЦВМ при расчете координат целей учтет введенные в нее метеоусловия дважды.

Принимая отпечатанные на ленте телеграфного аппарата осредненные координаты цели за точку накола репера и присвоив ему порядковый номер, вводят эту информацию в ЦВМ в последовательности, рассмотренной ранее, при этом сигнальная лампа соответствующего номера репера начнет мигать. По готовности базных пунктов подают команду для ввода данной группы. Поступившая с базных пунктов информация обрабатывается в ЦВМ, в результате чего координаты звукового репера отпечатываются на ленте телеграфного аппарата и будут храниться в оперативной памяти ЦВМ. После этого вводят в ЦВМ координаты цели по результатам засечки ее другим, более точным средством разведки, принимая их за истинные координаты цели. Производят расчет поправок на систематическую ошибку с помощью выключателя ПЕЧАТЬ ПОПРАВОК, мигающая сигнальная лампа соответствующего номера репера горит постоянно, что свидетельствует о расчете в ЦВМ и хранении в ее оперативной памяти поправок на систематическую ошибку по результатам засечки выстрелов батареи или отдельных орудий противника. В ЦВМ заново вводят значения метеоданных и текущее значение астрономического времени.

В ходе боевой работы на центральном пункте по отпечатанным на ленте телеграфного аппарата координатам цели наносят на карту. Если эти цели оказались в зоне действия одного из репе-

ров, утверждают, что координаты цели определены с характеристикой «точно». Если цели оказались вне этих зон, считают, что расчет координат целей был произведен только с использованием введенных в ЦВМ метеоданных. Следовательно, при этом также не учитывались ошибки топогеодезической привязки и инструментальные ошибки комплекса, поэтому координаты таких целей считаются определенными с характеристикой «приближенно».

В случае если цель оказалась в зоне действия двух последовательно созданных реперов, ЦВМ примет к расчету поправки на систематическую ошибку по результатам засечки того репера, который по времени был создан позже, значит, и поправки на систематическую ошибку по этому реперу будут более «свежими».

Ввод в ЦВМ поправок на систематическую ошибку в случае их стирания в оперативной памяти машины. В ходе боевой работы комплекса могут возникнуть случаи отключения ЦВМ вследствие неисправностей источников питания или сбоя в ее работе, что повлечет за собой обнуление оперативной памяти машины. При этом вся информация, хранившаяся в массиве ОЗУ ЦВМ (поправки на систематическую ошибку, текущее значение астрономического времени, метеоданные и другая информация), автоматически стирается из оперативной памяти машины, о чем будут свидетельствовать погасшие лампы соответствующих номеров реперов, лампа МД и другие сигнальные лампы пульта ПЛ-8. В этом случае предусмотрена возможность повторного ввода в ЦВМ этой информации.

Для восстановления поправок на систематическую ошибку в оперативной памяти ЦВМ на пульте ПЛ-8 устанавливают выключатель ВВОД СО в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, при этом включается телеграфный аппарат, кратковременно загорается лампа ИСПОЛНЕНИЕ, затем выключатель переводят в нижнее положение. После загорания лампы ВВОД С СТА печатают с клавиатуры телеграфного аппарата в строгой последовательности информацию, отпечатанную на его ленте, о значениях поправок на систематическую ошибку по результатам засечки звукового репера или выстрелов батареи противника: координаты репера, его номер и значения поправок на систематическую ошибку для левого, среднего и правого базных пунктов соответственно, например:

72388) ␣ 21837) ␣ 1) ␣ —12) ␣ —26) ␣ —29) ␣

контролируя при этом правильность ввода по световому табло ЦВМ. Устанавливают выключатель СО В ЦВМ в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, при этом загорается лампа Р-1, что свидетельствует о восстановлении в оперативной памяти ЦВМ данных по результатам засечки первого репера. Аналогично вводят в ЦВМ данные по результатам засечки других реперов.

Метеорологические данные, текущее значение астрономического времени и другая информация вводятся в ЦВМ через соответствующие программы путем повторного ввода необходимых сведений.

Пересчет координат ранее засеченных целей с учетом поправок на систематическую ошибку. После определения поправок на систематическую ошибку в подразделении звуковой разведки появляется возможность пересчитать с их учетом координаты разведанных ранее целей при условии, что эти цели находятся в зоне действия одного из реперов, а наземные метеорологические условия, имевшие место при засечке целей, и метеоусловия, зафиксированные на момент окончания засечки соответствующего репера, не отличаются более чем на величину предельно допустимых значений, указанных в подразд. 12.4.

Алгоритмом предусмотрено, что пересчет координат целей производится в следующем порядке:

по введенным в ЦВМ ранее рассчитанным приближенным координатам x_0 и y_0 определяют приближенные дирекционные углы направлений на цель $\alpha'_{оц}$ из центров только двух базных пунктов;

дирекционные углы направлений на цель уточняются хранящимися в памяти ЦВМ поправками $\Delta\beta_{сист}$, в результате чего рассчитываются новые значения $\alpha_{оц}$:

$$\alpha_{оц} = \alpha'_{оц} + \Delta\beta_{сист};$$

по уточненным значениям $\alpha_{оц}$ вновь решается задача прямой засечки с выдачей на печать координат целей с характеристикой «точно».

Номер не участвующего в пересчете базного пункта указывается оператором при вводе координат целей, подлежащих пересчету, x_0, y_0 в виде цифры 1, 2 или 3.

Для пересчета координат целей устанавливают на пульте ПЛ-8 выключатель ВВОД X_0Y_0 программы ПЕРЕСЧЕТ в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, затем выключатель опускают. После загорания лампы ВВОД С СТА с клавиатуры телеграфного аппарата печатают координаты, например:

73445) ⌴ 23096) ⌴ 2) ⌴

контролируя правильность ввода информации по световому табло ЦВМ. Устанавливают выключатель $X_пY_п$ в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, после чего выключатель переводят в нижнее положение. На ленте телеграфного аппарата отпечатаются координаты цели, пересчитанные с учетом поправок на систематическую ошибку, например: «73215 22871».

Внимание! В случае попытки проведения пересчета координат целей, не находящихся в зоне действия реперов, ЦВМ может выдавать на печать координаты точек, отличающихся от координат целей, введенных для пересчета, на десятки километров, т. е. с грубыми ошибками. Поэтому использование программы ПЕРЕСЧЕТ требует от личного состава повышенного внимания.

12.5. Аварийный режим работы комплекса

В ходе боевой работы звукометрического комплекса могут возникать случаи выхода из строя отдельных приборов, пультов или стоек. Вышедшие из строя приборы заменяют исправными из состава ЗИП комплекса, принимая меры к устранению неисправностей. Однако вследствие сложности аппаратуры, ограниченных возможностей для ремонта в ходе боевой работы, а также недостатка времени для решения этих задач от личного состава подразделения требуется знание порядка работы звукометрического комплекса в аварийном режиме. Такой режим работы комплекса может возникать вследствие выхода из строя телеграфного аппарата, ЦВМ или центрального пункта в целом.

Выход из строя телеграфного аппарата возможен не только в результате его поломки, но также в случае отказа бензоэлектрического агрегата, пониженным напряжением которого ($\sim$127 В) питается двигатель телеграфного аппарата. В этом случае боевую работу ведут при вводе информации непосредственно через пульт управления ЦВМ, а ее вывод осуществляется на световое табло машины. Для этого в ячейку ДЗУС с адресом 36 вводят признак 000001, характеризующий команду для вывода результатов расчета на световое табло ЦВМ, а в ячейки 40—46 — необходимые сведения в зависимости от выполняемой задачи в соответствии с бланком оператора ЦВМ.

Запись в ДЗУС исходных данных при работе в этом режиме осуществляется так же, как и в автоматизированном режиме. Для вывода на табло содержания ДЗУС в целях проведения контроля выполняют следующие операции:

устанавливают выключатель АВТОРАЗР. в верхнее положение, переведя ЦВМ в режим автономной работы;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение РАБОТА С ПУ (работа с пульта управления ЦВМ);

устанавливают переключателями набирателя КОМАНДА — ЧИСЛО число 31041416, являющееся командой машине на высвечивание данных на табло;

устанавливают выключатель $\omega_п$ в верхнее положение, тем самым обеспечивая безусловный переход к выполнению заданной программы;

нажимают последовательно кнопки СБРОС, ЗАПИСЬ на РгПр и два раза кнопку ПУСК;

устанавливают переключатели регистров в положение 2 для считывания по правильности принятой машиной команды при высвечивании информации на табло;

устанавливают набирателем КОМАНДА — ЧИСЛО команду с адресом ячейки, содержание которой надо высветить. Для высвечивания содержания ДЗУС набиратель КОМАНДА — ЧИСЛО устанавливают в положение 31110000, при этом на световом табло высвечивается содержание ячейки ДЗУС с адресом 00 (полный адрес этой ячейки ДЗУС — 10000). Это число индицируется в

Таблица 12.2

Примеры индикации информации

Род работы	Индикация									Содержание
Ведение разведки	+	0	0	1	0	0	7	0	6	1 — количество засечек, 706 — номер цели
	+	0	0	0	7	2	4	2	3	x цели
	+	0	0	0	2	6	8	3	8	y цели
Создание звукового репера:										
контроль ввода $x_н$, $y_н$, № р (ячейки 40—42)		0	0	0	7	3	4	1	5	x точки накола
		0	0	0	2	2	1	8	0	y точки накола
		0	0	0	0	0	0	0	1	№ репера
засечка разрывов группы	+	0	0	4	0	0	7	0	8	4 — количество засечек, 708 — номер группы разрывов
	—	0	0	0	7	3	3	6	2	x разрыва
	+	0	0	0	2	2	3	6	3	y разрыва
контроль ввода $x_и$, $y_и$, № р (ячейки 40—42)	+	0	0	0	7	3	4	3	8	x истинное репера
	+	0	0	0	2	2	2	2	4	y истинное репера
	+	0	0	0	0	0	0	0	1	№ репера
Пристрелка цели:										
контроль ввода $x_ц$, $y_ц$, $x_б$, $y_б$ (ячейки 43—46)	+	0	0	0	7	2	1	1	5	x цели
	+	0	0	0	2	4	3	9	1	y цели
	+	0	0	0	5	8	2	1	8	x батареи
	+	0	0	0	2	1	9	3	5	y батареи
	+	0	0	1	0	0	7	0	9	1 — количество засечек, 709 — очередной номер
Засечка разрывов	+	0	0	0	7	2	3	0	8	x разрыва
	+	0	0	0	2	4	3	4	7	y разрыва
	—	0	0	0	9	0	1	8	6	Отклонение по дальности
	—	0	0	0	0	0	0	3	4	Отклонение по направлению
Служебные признаки	+	0	0	1	1	1	1	1	1	НЕТ ХУ
	+	0	0	6	6	6	6	6	6	НЕИСПРАВНОСТЬ
	+	0	0	7	7	7	7	7	7	СБОЙ

десятичной системе счисления и может иметь два значения — 645000 или 644002. Первое характеризует признак боевой работы, а второе — признак проведения тестовой проверки ЦВМ;

изменяют последовательно положение двух правых переключателей набирателя КОМАНДА — ЧИСЛО, контролируя по световому табло ЦВМ содержание соответствующих ячеек ДЗУС;

устанавливают после окончания проверки переключатели набирателя КОМАНДА — ЧИСЛО в положение О, выключатели АВТОРАЗР. и $\omega_п$ — в нижнее положение и последовательно нажимают кнопки СБРОС и ПУСК, переводя ЦВМ в исходное состояние.

В ходе боевой работы результаты вычислений последовательно высвечиваются на световом табло ЦВМ в течение 10 с в соответ-

ствии с табл. 12.2. При ведении разведки сначала высвечиваются количество засечек и номер цели, а затем координаты x и y цели. Эту информацию записывают в журнал разведки для проведения анализа и обработки разведывательных сведений.

Для определения поправок на систематическую ошибку:

считывают с табло ЦВМ координаты первого разрыва снаряда и, принимая их за точку накола, присваивают реперу номер, затем вводят эти данные в 40—42-ю ячейки ДЗУС;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ на пульте управления ЦВМ в положение АВТОМАТИЧЕСКИЙ и последовательно нажимают кнопки СБРОС, ПУСК;

устанавливают переключатель в ЦВМ программы РАБОТА С СО пульта ПЛ-8 в верхнее положение и нажимают кнопку ПУСК, при этом последовательно высвечиваются для контроля координаты репера и его номер, а на пульте ПЛ-8 лампа соответствующего номера репера начинает мигать, затем выключатель переводят в нижнее положение;

докладывают командиру артиллерийского подразделения: **«Разрыв засечен»;**

контролируют на световом табло ЦВМ результаты засечки разрывов снарядов при создании репера, при этом перед координатой x каждого разрыва высвечивается знак «минус» — признак репера;

докладывают командиру артиллерийского подразделения: **«Репер засечен»;**

получают координаты репера, засеченного другим, более точным средством разведки, и, принимая их за истинные, вводят эти координаты и номер репера вновь в ячейки 40—42 ДЗУС;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ на пульте ЦВМ в положение АВТОМАТИЧЕСКИЙ и нажимают на нем только кнопку ПУСК;

устанавливают переключатель ПЕЧАТЬ ПОПРАВОК программы РАБОТА С СО на пульте ПЛ-8 вверх и нажимают на нем кнопку ПУСК, при этом на световом табло ЦВМ для контроля последовательно высвечиваются истинные координаты репера и его номер; лампа соответствующего номера репера перестанет мигать и будет гореть постоянно, что свидетельствует о расчете и хранении в оперативной памяти машины поправок на систематическую ошибку.

Для определения отклонений разрывов от цели при обслуживании стрельбы работу ведут в такой последовательности:

вводят в ячейки ДЗУС с адресами 43 и 44 координаты пристреливаемой цели, а в ячейки 45 и 46 — координаты огневой позиции обслуживаемой батареи;

устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ на пульте ЦВМ в положение АВТОМАТИЧЕСКИЙ и нажимают только кнопку ПУСК;

переводят выключатель в ЦВМ программы ОТКЛОНЕНИЯ на пульте ПЛ-8 в верхнее положение и нажимают на нем кнопку

ПУСК, при этом на табло ЦВМ для контроля последовательно высвечиваются координаты цели, затем батареи и загорается лампа Б-1, после чего выключатель опускают;

дальнейшую работу ведут в соответствии с подразд. 13.5, при этом на табло последовательно высвечиваются: количество засеченных разрывов и номер цели, координаты разрыва, затем отклонения относительно огневой позиции (по дальности — в метрах, по направлению — в малых делениях угломера). При индикации отклонения по дальности в четвертом слева разряде светового табло ЦВМ индицируется цифра 9, характеризующая признак данного отклонения — дальность. Значения отклонений «перелет» и «впарво» обозначаются знаком «плюс», индицируемым перед величиной отклонения, а значения «недолет» и «влево» — знаком «минус».

При работе в аварийном режиме без телеграфного аппарата в ЦВМ используется значение скорости звука, которое вводят перед началом боевой работы в ячейку ДЗУС с адресом 21. При изменении температуры воздуха более чем на 3° С значение скорости звука вводят в ЦВМ заново. В этом режиме работы не предусмотрено решение следующих задач: ввод астрономического времени, метеорологических данных, ранее определенных поправок на систематическую ошибку, а также пересчет координат, решение обратной звукометрической задачи и работа по программе выявления ошибок.

В случае выхода из строя ЦВМ пуск аппаратуры базных пунктов производят с поста наблюдения и связи, а обработку полученной информации выполняют вручную. Для этого на базных пунктах определяют разности времен прихода звуковых волн к звукоприемникам акустических баз, вычисляют углы β и передают их значения на центральный пункт. На центральном пункте определяют поправки на ветер $\Delta\beta_w$ в углы β, графически на ПУО производят засечку цели и определяют ее координаты в соответствии с положениями Руководства по боевой работе подразделений звуковой разведки артиллерии.

Для работы в этом режиме командир подразделения подает команду: **«Подготовиться к работе в аварийном режиме».** По этой команде на базных пунктах устанавливают на пультах ПЛ-3-1 переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ в положение Р, переключатель РАБОТА — КОНТРОЛЬ — в положение РАБОТА и нажимают кнопку ПУСК. Включают выключатель ПРОТЯЖКА на регистрирующих приборах и устанавливают переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ на пультах ПЛ-1 в положение ЖДУЩИЙ. После приема с центрального пункта значения скорости звука подготавливают к работе счетные звукометрические линейки.

На центральном пункте устанавливают на пульте ПЛ-5 выключатель ЗАПУСК ОТ ПР-1 в верхнее положение, сообщают на базные пункты значение скорости звука, готовят к работе ПУО и соответствующие бланки. На посту наблюдения и связи подключают к телефонному аппарату выносную кнопку.

После приема докладов с базных пунктов и поста наблюдения и связи о готовности к работе в аварийном режиме командир подразделения подает команду: **«Вести разведку».**

Начальник поста наблюдения и связи, услышав со стороны противника звук выстрела орудия или миномета, кратковременно нажимает выносную кнопку и докладывает на центральный пункт: **«Пуск»**, а затем сведения о цели. На базных пунктах, получив на лентах регистрирующих приборов записи принятых сигналов и убедившись в правильности выделения их начал, считывают с табло пультов ПЛ-3-1 значения ТВ2, ТВ3, ГВ и записывают их на лентах, после чего сбрасывают эту информацию нажатием кнопки ПУСК. На ленты с записями групп сигналов записывают также значение астрономического времени. Вычисляют разность времен τ как разность значений ТВ3 и ТВ2 в миллисекундах и с помощью счетных логарифмических линеек определяют значения $\sin\beta$. В последующем эти значения с помощью специальных таблиц переводят в значения углов β со своими знаками и передают на центральный пункт. Кроме того, на центральный пункт передают значения грубого времени (ГВ), которые используют для грубого определения принадлежности принятой информации к одной цели (если разность между значениями ГВ, зафиксированными на базных пунктах, не превышает 20 с, полученная информация относится к одной и той же цели). На центральном пункте в полученные от базных пунктов значения углов β вводят поправки на ветер $\Delta\beta_w$ и эти результаты со своими знаками прибавляют к значениям дирекционных углов директрис акустических баз, получая, таким образом, значения дирекционных углов направлений на цель с каждого базного пункта. Определение координат цели производят на ПУО или микрокалькуляторе и после анализа данные о ней передают по назначению.

В случае выхода из строя центрального пункта боевую работу продолжают, при этом один из базных пунктов (как правило, средний) выполняет функции и центрального пункта под руководством командира подразделения (взвода). При работе в этом режиме на проводных средствах связи кабельные линии, идущие к каждому базному пункту, в районе вышедшего из строя центрального пункта соединяют между собой. При этом, если на каком-либо базном пункте связь не восстановится, изменяют полярность включения линии этого направления. Проводную линию от поста наблюдения и связи подключают к клеммам ПР-1 щитка Щ-1 среднего базного пункта. Для проведения синхронизации и сверки единого времени, которые проводят по радио, радиостанцию № 1 среднего базного пункта перестраивают на частоту радиостанций № 2 других базных пунктов. Другие неиспользуемые радиостанции выключают. Необходимость перехода на радиоканал объясняется тем, что при установке переключателя РЕЖИМ РАБОТЫ пульта ПЛ-1 среднего базного пункта в положение СИНХР. или СВЕРКА ЕВ для проведения синхронизации или

сверки единого времени подача питания в линии других базных пунктов прекращается.

Для передачи сигналов синхронизации и сверки единого времени на пульте ПЛ-1 среднего базного пункта переключатель ПРИЕМ — ПЕРЕДАЧА устанавливают в положение ПЕРЕДАЧА на все время работы. Переключатель ЛИНИЯ — РАДИО всех трех базных пунктов устанавливают в положение РАДИО только на момент подачи тонального сигнала, а в остальное время этот переключатель находится в положении ЛИНИЯ. При приеме тонального сигнала переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ на пультах ПЛ-1 других базных пунктов устанавливают в положение СИНХР. или СВЕРКА ЕВ, переводя его в положение СВЯЗЬ после прохождения тонального сигнала. Подачу тонального сигнала осуществляют нажатием кнопки ПУСК пульта ПЛ-1 среднего базного пункта. После сверки единого времени радиостанции выключают, переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ на всех пультах ПЛ-1 устанавливают в положение ЖДУЩИЙ, что обеспечивает ускоренную протяжку ленты регистрирующего прибора в течение 32 с, при этом загораются лампы СИГНАЛ и ПОМЕХА на блоке БЛ-5 стойки СТ-2.

В случае работы в этом режиме на радиосвязи радиостанцию поста наблюдения и связи включают в радиосеть радиостанций № 2 всех базных пунктов. Ранее задействованные для проведения синхронизации или сверки единого времени радиостанции не выключают, к ним подключают микротелефонную гарнитуру. Услышав звук выстрела орудия (разрыва снаряда), начальник поста наблюдения и связи подает по радио команду **«Внимание, пуск»**, по которой нажимают кнопку ПУСК пульта ПЛ-1 на среднем базном пункте.

Прием и обработку сигналов ведут так же, как и в случае выхода из строя ЦВМ.

12.6. Использование микрокалькуляторов в аварийном режиме работы звукометрического комплекса

Общие положения

Выпускаемые отечественной промышленностью микроЭВМ, так называемые микрокалькуляторы, позволяют быстро и с точностью, превышающей графоаналитические методы расчетов, производить вычисления в подразделениях звуковой разведки. Наиболее целесообразным следует считать применение программируемых микрокалькуляторов типа БЗ-34, МК-54, МК-52, МК-61. Перед вычислениями в такие микрокалькуляторы вводится программа предстоящих расчетов, решается контрольная задача, подтверждающая правильность ввода программы, а затем вводятся в соответствующие регистры памяти исходные величины. Дальнейшие расчеты и выдача результатов осуществляются микрокалькулятором в автоматическом режиме работы.

В подразделении звуковой разведки, вооруженном автоматизированным звукометрическим комплексом, программируемые микрокалькуляторы удобно использовать в аварийном режиме работы (когда вышли из строя ЦВМ или весь центральный пункт) для определения координат целей и отклонений разрывов снарядов от цели при обслуживании ее пристрелки. Приведенные программы вычислений, которые должны быть введены в микрокалькулятор до начала расчетов, составлены для БЗ-34, МК-52, МК-54 и МК-61.

Вычисление элементов акустической базы базного пункта

Исходные данные (рис. 12.5):

$x_{тр}$, $y_{тр}$ — координаты точки разбивки базного пункта;
$l_2(l_3)$ — правое (левое) плечо акустической базы (расстояние от точки разбивки до звукоприемника);
$\alpha_2(\alpha_3)$ — дирекционный угол с точки разбивки на правый (левый) звукоприемник.

Требуется определить:

x_0, y_0 — координаты центра акустической базы;
l — длина акустической базы;
$\alpha_{од}$ — дирекционный угол директрисы акустической базы.

Формулы для вычислений:

1. $\Delta x_2 = l_2 \cos \alpha_2$.
2. $x_2 = x_{тр} + \Delta x_2$.
3. $\Delta y_2 = l_2 \sin \alpha_2$.
4. $y_2 = y_{тр} + \Delta y_2$.
5. $\Delta x_3 = l_3 \cos \alpha_3$.
6. $x_3 = x_{тр} + \Delta x_3$.
7. $\Delta y_3 = l_3 \sin \alpha_3$.
8. $y_3 = y_{тр} + \Delta y_3$.
9. $x_0 = (x_2 + x_3)/2$.
10. $y_0 = (y_2 + y_3)/2$.
11. $l = \sqrt{(\Delta x_2 + \Delta x_3)^2 + (\Delta y_2 + \Delta y_3)^2}$.
12. $\rho = [\arccos (\Delta x_2 + \Delta x_3)\, l]/6$.
13. Если $\rho > 0$, то $\alpha_б = \rho$; если $\rho < 0$, то $\alpha_б = 60\text{-}00 - \rho$.
14. $\alpha_{од} = \alpha_б + 15\text{-}00$.

Распределение регистров памяти:

1. $x_{тр}$.
2. $y_{тр}$.
3. α_2.
4. l_2.
5. α_3.
6. l_3.

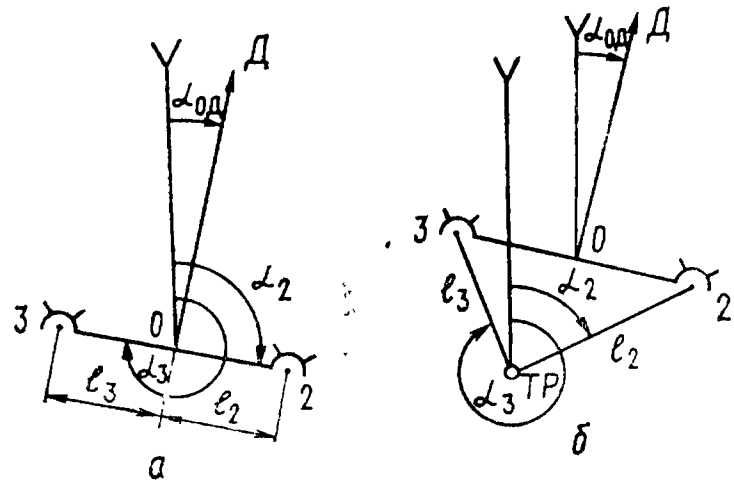


Рис. 12.5. Исходные данные для вычислений элементов акустической базы:

а — центр акустической базы совпадает с точкой ее разбивки;
б — точка разбивки не совпадает с центром акустической базы

Программа.

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
	F ПРГ		27	F sin	1C	55	С/П	50
00	ИП 3	63	28	×	12	56	:	13
01	ИП 4	64	29	ИП 2	62	57	F arc cos	1—
02	ПП	53	30	+	10	58	6	06
03	16	16	31	В/0	52	59	:	13
04	П 8	48	32	ИП 7	67	60	ИП А	6—
05	↔	14	33	+	10	61	F X<0	5C
06	П 7	47	34	2	02	62	69	69
07	ИП 5	65	35	:	13	63	↔	14
08	ИП 6	66	36	С/П	50	64	6	06
09	ПП	53	37	↔	14	65	0	00
10	16	16	38	ИП 8	68	66	↔	14
11	П 0	40	39	+	10	67	—	11
12	↔	14	40	2	02	68	↑	0E
13	П 9	49	41	:	13	69	↔	14
14	БП	51	42	С/П	50	70	1	01
15	32	32	43	ИП 9	69	71	5	05
16	П А	4—	44	ИП 7	67	72	+	10
17	↔	14	45	—	11	73	6	06
18	6	06	46	↑	0E	74	0	00
19	×	12	47	F X^2	22	75	—	11
20	П В	4L	48	ИП 0	60	76	F X<0	5C
21	F cos	1Г	49	ИП 8	68	77	80	80
22	×	12	50	—	11	78	F Bx	0
23	ИП 1	61	51	П А	4—	79	+	10
24	+	10	52	F X^2	22	80	С/П	50
25	ИП А	6—	53	+	10		F АВТ	
26	ИП Б	6L	54	F $\sqrt{}$	21			

Порядок решения.

1. Переключатель Р — Г установить в положение Г и ввести программу.

2. Для решения контрольной задачи ввести в регистры 1—6 числа, соответствующие их номеру.

3. Решить контрольную задачу, последовательно нажав клавиши:

В/О С/П $x_0 = 5{,}5001895$;
С/П $y_0 = 4{,}118034$;
С/П $l = 2{,}2469791$;
С/П $\alpha_{од} = 23{,}620479$.

4. Ввести исходные данные для решения реальной задачи и определить элементы акустической базы данного базного пункта в порядке, указанном в п. 3.

Время вычисления — 38 с (23+2+5+8).

После решения задачи исходные данные в регистрах 1—6 остаются без изменений.

Пример. Определить элементы акустической базы правого базного пункта, если:

1. $x_{тр} = 16925$.
2. $y_{тр} = 57995$.
3. $\alpha_2 = 2\text{-}89$.
4. $l_2 = 107$ м.
5. $\alpha_3 = 32\text{-}34$.
6. $l_3 = 227$ м.

Решение:

В/О С/П $x_0 = 16866$.
С/П $y_0 = 57963$.
С/П $l = 334$ м.
С/П $\alpha_{од} = 47\text{-}52$.

Вычисление поправок на ветер и исправленного дирекционного угла направления директрисы

Исходные данные:

l — длина акустической базы, м;
$\alpha_{од}$ — дирекционный угол направления директрисы, дел. угл.;
t_v — виртуальная температура воздуха, °С;
α_W — дирекционный угол направления ветра, дел. угл.;
W — скорость ветра, м/с;
0,6; 331 — числовые величины, применяемые при вычислениях.

Требуется определить:

$\Delta\beta_W$ — поправку направления на ветер, дел. угл.;
$\alpha'_{од}$ — исправленный дирекционный угол направления директрисы, дел. угл.

Формулы для вычислений:

Вычисление поправки на ветер:

1. $C = 331 + 0{,}6\,t_v$.
2. $\Theta = (\alpha_W - \alpha_{од})\,6$.
3. $\Delta\beta_W = [\arcsin(W \sin\Theta)/C]/6$.
4. $\alpha'_{од} = \alpha_{од} + \Delta\beta_W$.

Распределение регистров памяти:

1. 0,6.
2. 331.
4. t_v.
5. α_W.
6. W.
7. l.
8. $\alpha_{од}$.

Программа.

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
	F ПРГ		15	:	13
00	ИП 2	62	16	F arc sin	19
01	ИП 1	61	17	6	06
02	ИП 4	64	18	:	13
03	×	12	19	П В	4L
04	+	10	20	ИП 8	68
05	П С	4C	21	+	10
06	ИП 5	65	22	П Д	4Г
07	ИП 8	68	23	5	05
08	—	11	24	F 10*	15
09	6	06	25	+	10
10	×	12	26	F Bx	0
11	F sin	1C	27	—	11
12	ИП 6	66	28	С/П	50
13	×	12		F АВТ	
14	ИП С	6C			

Порядок решения.

1. Переключатель Р — Г установить в положение Г и ввести программу.

2. Решить контрольную задачу. Для этого в регистры памяти 1—2 ввести числа 0,6 и 331 соответственно, а в регистры 4—8 — числа, соответствующие номерам регистров (т. е. от 4 до 8), и вычислить контрольное число (условно соответствующее значению $\alpha'_{од}$), последовательно нажав клавиши В/О и С/П, получить $\alpha'_{од}=7{,}95$.

3. Ввести исходные данные для решения реальной задачи согласно распределению регистров и, нажав последовательно клавиши В/О, С/П, вычислить $\alpha'_{од}$.

После решения, если надо, вывести на индикатор из регистров В и Д неокругленные значения $\Delta\beta_W$ и $\alpha'_{од}$ соответственно.

Заменив в регистрах 7 и 8 значения l и $\alpha_{од}$, в таком же порядке вычислить данные для других базных пунктов.

Время вычисления — 12 с.

После решения задачи исходные данные в регистрах 4—8 остаются без изменения, что дает возможность, если необходимо, повторить вычисления в прежнем порядке. При необходимости нажатием клавиш ИП С можно вызвать на табло значение скорости звука C.

Пример. Определить исправленный дирекционный угол направления директрисы $\alpha'_{од}$ и значение $\Delta\beta_в$, если:

4. $t_в = -16°$.
5. $\alpha_в = 15\text{-}00$.
6. $W = 8$ м/с.
7. $l = 345$ м.
8. $\alpha_{од} = 36\text{-}29$.

Решение: В/О С/П $\alpha'_{од} = 36\text{-}10$.
ИП В $\Delta\beta_в = -0\text{-}19$.

Вычисление поправки на систематическую ошибку и исправленного дирекционного угла направления директрисы по результатам создания звукового репера

Исходные данные:

x_0, y_0 — координаты центра акустической базы;

$x^R_{ист}$, $y^R_{ист}$ — координаты звукового репера, определенные подразделением оптической или радиолокационной разведки;

l — длина акустической базы, м;

$\alpha_{од}$ — дирекционный угол направления директрисы, дел. угл.;

C — скорость звука, м/с;

$\tau^R_{ср}$ — средний отсчет разности времени ТВ3 — ТВ2 на базном пункте по звуковому реперу, мс.

Требуется определить:

$\Delta\beta_{сист}$ — поправку на систематическую ошибку в работе подразделения звуковой разведки, дел. угл.;

$\alpha'_{од}$ — исправленный дирекционный угол направления директрисы, дел. угл.

Формулы для вычислений:

Вычисление дирекционного угла направления на репер:

1. $\Delta x = x^R_{ист} - x_0$.
2. $\Delta y = y^R_{ист} - y_0$.
3. $Д^R_{ист} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$.
4. $\rho = [\arccos(\Delta x / Д^R_{ист})]/6$.
5. Если $\Delta y > 0$, то $\alpha^R_{ист} = \rho$; если $\Delta y < 0$, то $\alpha^R_{ист} = 60\text{-}00 - \rho$.

Вычисление дирекционного угла направления на звуковой репер из центра акустической базы:

1. $\beta^R_{зв} = [\arcsin(C\tau^R_{ср}/1000l)]/6$.
2. $\alpha^R_{зв} = \alpha_{од} + \beta^R_{зв}$.

Вычисление поправки на систематическую ошибку и исправленного значения дирекционного угла направления директрисы:

1. $\Delta\beta_{сист}=\alpha^{R}_{ист}-\alpha^{R}_{зв}$.
2. $\alpha'_{од}=\alpha_{од}+\Delta\beta_{сист}$.

Распределение регистров:

1. x_0.
2. y_0.
3. C.
4. l
5. $\alpha_{од}$.
6. $\tau^{R}_{ср}$.
7. $x^{R}_{ист}$.
8. $y^{R}_{ист}$.

Программа.

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
	F ПРГ		21	6	06	43	F sin	1C
00	ИП 7	67	22	0	00	44	F arc sin	19
01	ИП 1	61	23	ИП С	6C	45	6	06
02	—	11	24	—	11	46	:	13
03	↑	0E	25	П С	4C	47	ИП С	6C
04	F X^2	22	26	ИП С	6C	48	↔	14
05	ИП 8	68	27	ИП 3	63	49	—	11
06	ИП 2	62	28	ИП 6	66	50	П В	4L
07	—	11	29	×	12	51	F Bx	0
08	П 9	49	30	3	03	52	5	05
09	F X^2	22	31	F 10*	15	53	F 10*	15
10	+	10	32	:	13	54	+	10
11	F $\sqrt{}$	21	33	ИП 4	64	55	F Bx	0
12	П Д	4Г	34	:	13	56	—	11
13	:	13	35	F arc sin	19	57	П 0	40
14	F arc cos	1—	36	6	06	58	С/П	50
15	6	06	37	:	13	59	ИП 5	65
16	:	13	38	ИП 5	65	60	+	10
17	П С	4C	39	+	10	61	П А	4—
18	ПИ 9	69	40	—	11	62	С/П	50
19	F $X<0$	5C	41	6	06		F АВТ	
20	26	26	42	×	12			

Порядок решения:

1. Переключатель Р—Г установить в положение Г и ввести программу.

2. Решить контрольную задачу. Для этого ввести в регистры 1—8 числа, соответствующие номерам регистров (т. е. числа от 1 до 8), и вычислить два контрольных числа (условно соответствующих значениям $\Delta\beta_{сист}$ и $\alpha'_{од}$), последовательным нажатием клавиши В/О и С/П получить $\Delta\beta_{сист}=2{,}46$, затем, нажав только клавишу С/П, получить $\alpha'_{од}=7{,}46$.

3. Ввести исходные данные для решения реальной задачи и вычислить значения $\Delta\beta_{сист}$ и $\alpha'_{од}$ в порядке, указанном в п. 2.

Заменив в регистрах 1, 2 и 4—6 исходные данные, в том же порядке вычислить данные для других базных пунктов.

Время вычисления — 22 с (21+1).

После решения задачи исходные данные в регистрах 1—8 остаются без изменения, что дает возможность, если необходимо, повторить вычисления в прежнем режиме.

Пример. Определить поправку на систематическую ошибку подразделения звуковой разведки и исправленный дирекционный угол направления директрисы акустической базы правого базного пункта, если:

1. $x_0 = 16866$.
2. $y_0 = 57983$.
3. $C = 339$ м/с.
4. $l = 334$ м.
5. $\alpha_{од} = 47\text{-}52$.
6. $\tau^R_{ср} = +185$ мс.
7. $x^R_{ист} = 20208$.
8. $y^R_{ист} = 50792$.

Решение: В/О, С/П $\Delta\beta_{сист} = -0\text{-}17$.

С/П $\alpha'_{од} = 47\text{-}35$.

В регистрах 0, А, В, С и Д записаны следующие данные:

ИП 0 $\Delta\beta_{сист} = -0\text{-}17$.
ИП А $\alpha'_{од} = 47\text{-}35$.
ИП В $\alpha^R_{зв} = 49\text{-}32$.
ИП С $\alpha^R_{ист} = 49\text{-}15$.
ИП Д $Д^R_{ист} = 7930$ м.

Вычисление координат цели (репера, разрыва)

На базных пунктах по командам снимают показания с табло пульта ПЛ-3-1, работающего в этих случаях в подрежиме Р, и вычисляют значение разности времен τ:

$$\tau = ТВ3 - ТВ2.$$

Осредненные значения τ по нескольким засеченным выстрелам батарей противника или по нескольким засечкам разрывов снарядов передают для дальнейшей обработки.

Исходные данные:

x_{0_1}, y_{0_1} — координаты центра акустической базы правого базного пункта;

x_{0_3}, y_{0_3} — координаты центра акустической базы левого базного пункта;

l_1, l_3 — длины акустических баз правого и левого базных пунктов, м;

$\alpha'_{од_1}$, $\alpha'_{од_3}$ — дирекционные углы директрис правого и левого базных пунктов, взятые с учетом поправки на ветер или поправки на систематическую ошибку, дел. угл.;

C — скорость звука с учетом виртуальной температуры воздуха, м/с;

$x_б$, $y_б$ — координаты ОП обслуживаемой батареи;

τ_1, τ_3 — разности времен ТВ3 — ТВ2, переданные с правого и левого базных пунктов, мс.

Формулы для вычислений:

1. $\beta^{ц(р)} = \arcsin(C\tau/1000\,l)$.

2. $\alpha^{ц(р)} = \alpha'_{од} + \beta^{ц(р)}$.

3. $$x_{ц(р)} = \frac{x_{03(2)} \operatorname{tg} \alpha^{ц(р)}_{3(2)} - x_{0_1} \operatorname{tg} \alpha^{ц(р)}_{1} - y_{03(2)} + y_{0_1}}{\operatorname{tg} \alpha^{ц(р)}_{3(2)} - \operatorname{tg} \alpha^{ц(р)}_{1}}.$$

4. $y_{ц(р)} = (x_{ц(р)} - x_{03(2)}) \operatorname{tg} \alpha^{ц(р)}_{3(2)} + y_{03(2)}$.

Распределение регистров:

1. x_{0_1}.	5. $x_{03(2)}$.	9. C.	С. τ_1.
2. y_{0_1}.	6. $y_{03(2)}$.	А. $x_б$.	Д. $\tau_{3(2)}$.
3. l_1.	7. l_2.	В. $y_б$.	
4. $\alpha'_{од_1}$.	8. $\alpha'_{од_{3(2)}}$.		

Регистр 0 зарезервирован для записей промежуточных результатов вычислений в ходе решения программы.

Порядок решения:

1. Переключатель Р — Г установить в положение Г и ввести программу.

2. Для решения контрольной задачи ввести в регистры 1—9 числа, соответствующие номерам регистров, а в регистр 0 — значение 10, в регистр А — 11, в регистр В — 12, в регистр С — 13 и в регистр Д — 14.

3. Решить контрольную задачу, последовательно нажав клаши:

В/О С/П $\alpha_1^ц = 4{,}37$;

С/П $\alpha^ц_3 = 8{,}17$;

С/П $x_ц = 1{,}9185264$;

С/П $y_ц = 2{,}4526702$;

С/П $Д_т^ц = 13{,}0$;

С/П $\alpha_т^ц = 37{,}62$.

4. Ввести исходные данные для решения задачи согласно распределению регистров и произвести вычисления необходимых данных в последовательности, указанной в п. 3.

Программа.

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
	F ПРГ		32	—	11	65	С/П	50
00	ИП 4	64	33	С/П	50	66	ИП С	6С
01	ИП С	6С	34	В/О	52	67	ИП А	6—
02	ИП 3	63	35	6	06	68	—	11
03	ПП	53	36	×	12	69	↑	0Е
04	17	17	37	F tg	1Е	70	F X^2	22
05	П 0	40	38	↑	0Е	71	ИП Д	6Г
06	ПП	53	39	ИП 5	65	72	ИП В	6L
07	28	28	40	×	12	73	—	11
08	ИП 8	68	41	ИП 0	60	74	↑	0Е
09	ИП Д	6Г	42	6	06	75	F ↻	25
10	ИП 7	67	43	×	12			
11	ПП	53	44	F tg	1Е	76	F X^2	22
12	17	17	45	П 0	40	77	+	10
13	ПП	53	46	ИП 1	61	78	F√	21
14	28	28	47	×	12	79	7	07
15	БП	51	48	—	11	80	ПП	53
16	35	35	49	ИП 6	66	81	29	29
17	:	13	50	—	11	82	:	13
18	ИП 9	69	51	ИП 2	62	83	F arccos	1—
19	×	12	52	+	10	84	6	06
20	3	03	53	↔	14	85	:	13
21	F 10*	15	54	ИП 0	60	86	↔	14
22	:	13	55	—	11	87	F X<0	5С
23	F arcsin	19	56	:	13	88	94	94
24	6	06	57	П С	4С	89	6	06
25	5	13	58	С/П	50	90	0	00
26	+	10	59	ИП 5	65	91	F Вх	0
27	В/О	52	60	—	11	92	—	11
28	5	05	61	×	12	93	↑	0Е
29	F 10*	15	62	ИП 6	66	94	↔	14
30	+	10	63	+	10	95	ПП	53
31	F Вх	0	64	П Д	4Г	96	28	28
							F АВТ	

Примечание. Если не предусматривается обслуживание пристрелки, программу можно вводить только до записи по 65-му адресу.

Пример. Определить координаты цели, если известно:

1. $x_{0_1} = 42000$.
2. $y_{0_1} = 37000$.
3. $l_1 = 300$ м.
4. $\alpha'_{од_1} = 56\text{-}67$.
5. $x_{0_3} = 42000$.
6. $y_{0_3} = 29000$.
7. $l_3 = 300$ м.
8. $\alpha'_{од_3} = 3\text{-}33$.
9. $C = 342$ м/с.

А. $x_б = 40000$.

В. $y_б = 33000$.

С. $\tau_1 = 0$.

Д. $\tau_3 = 0$.

Решение: после ввода данных в регистры нажимаем клавиши В/О С/П, через 8 с выдается промежуточная величина $\alpha_1^ц = 56\text{-}67$, после очередного нажатия клавиши С/П через 9 с выдается значение $\alpha_3^ц = 3\text{-}33$. После следующего нажатия кливиши С/П индицируется значение $x_ц = 53002$. Если нажать ту же клавишу еще раз, получим $y_ц = 33000$. Пятым нажатием клавиши С/П на табло вызывается топографическая дальность от ОП до цели: $Д_т^ц = 13\,002$ м, а после шестого нажатия С/П — дирекционный угол на цель $\alpha_т^ц = 0\text{-}05$.

Для проверки полученных координат цели (репера) в регистры 5—8 вводят исходные данные, полученные со среднего базного пункта: $x_{0_2} = 41295$, $y_{0_2} = 33000$, $l_2 = 300$ м, $\alpha'_{од_2} = 0\text{-}00$, а в регистры С и Д — величины $\tau_1 = 0$ и $\tau_2 = 0$.

В прежнем порядке решают задачу. Получив контрольные координаты цели $x_ц^к = 53002$ и $y_ц^к = 33000$, сравнивают их с ранее полученными. За критерий допустимого расхождения значений координат можно взять 1% $Д_т^ц$.

При обслуживании пристрелки определение координат точки разрыва снаряда (группы разрывов) ведут расчетами до шестого останова. Исходными данными являются значения элементов акустических баз крайних базных пунктов и значения τ (осредненные значения τ), переданные с этих пунктов. Например, $\tau_1^р = -7$, $\tau_3^р = +6$, тогда $Д_т^р = 12\,745$ м, $\alpha_т^р = 59\text{-}99$. Вычитают из этих значений ранее полученные $Д_т^ц = 13\,002$ м, $\alpha_т^ц = 0\text{-}05$ и получают отклонения разрыва снаряда от пристреливаемой цели:

$$\Delta Д = -257 \text{ м}, \quad \Delta\alpha = -0\text{-}06.$$

Если расчеты по определению значений отклонений разрыва от цели следуют не сразу после вычисления ее координат, получив данные о пристреливаемой цели, в регистр С вводят координату $x_ц$, а в регистр Д — координату $y_ц$. Последовательным нажатием клавиш БП 66 С/П получают $Д_т^ц$, а после очередного нажатия С/П — $\alpha_т^ц$.

В дальнейшем работу по определению координат разрыва, $Д_т^р$ и $\alpha_т^р$ ведут по полной программе, вводя в регистры С и Д разности времен, полученные при засечке разрыва $\tau_1^р$ и $\tau_3^р$.

Вычисление отклонений разрывов снарядов при пристрелке звучащей цели относительно центров крайних акустических баз

В аварийном режиме работы автоматизированного звукометрического комплекса возможна пристрелка звучащей цели, когда подразделение звуковой разведки будет докладывать боковые отклонения разрыва (группы разрывов) от цели, рассчитанные относительно центров акустических баз крайних базных пунктов.

Исходные данные:

l_1, l_3 — длина акустических баз соответственно правого и левого базных пунктов, м;

$\tau_1^ц$, $\tau_3^ц$ — средние значения разности времен ТВ3 — ТВ2, зафиксированные на правом и левом базных пунктах при засечке пристреливаемой цели, мс;

$\tau_1^р$, $\tau_3^р$ — разности времен ТВ3 — ТВ2, зафиксированные при засечке разрыва (группы разрывов) на правом и левом базных пунктах, мс;

C — скорость звука, м/с.

Требуется определить:

$\Delta\beta_1^р$ — отклонение разрыва от цели относительно центра акустической базы правого базного пункта;

$\Delta\beta_3^р$ — отклонение разрыва от цели относительно центра акустической базы левого базного пункта.

Формулы для вычислений:

1. $\beta_1^{ц} = [\arcsin(C\tau_1^{ц}/1000\, l_1)]/6.$
2. $\beta_1^{р} = [\arcsin(C\tau_1^{р}/1000\, l_1)]/6.$
3. $\Delta\beta_1^{р} = \beta_1^{р} - \beta_1^{ц}.$
4. $\beta_3^{ц} = [\arcsin(C\tau_3^{ц}/1000\, l_3)]/6.$
5. $\beta_3^{р} = [\arcsin(C\tau_3^{р}/1000\, l_3)]/6.$
6. $\Delta\beta_3^{р} = \beta_3^{р} - \beta_3^{ц}.$

Распределение регистров:

1. l_1.
2. l_3.
3. $\tau_1^{ц}(\tau_1^{р})$.
4. $\tau_3^{ц}(\tau_3^{р})$.

Программа.

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
	F ПРГ		20	ПП	53	41	6	06
00	ИП 4	64	21	34	34	42	:	13
01	ИП 1	61	22	П Д	4Г	43	В/О	52
02	ПП	53	23	ИП В	6L	44	6	06
03	34	34	24	F X=0	5E	45	×	12
04	П С	4C	25	29	29	46	F sin	1C
05	ИП А	6—	26	↔	14	47	F arcsin	19
06	F X=0	5E	27	П В	4L	48	6	06
07	13	13	28	С/П	50	49	:	13
08	↔	14	29	—	11	50	2	02
09	П А	4—	30	ПП	53	51	F 10*	15
10	С/П	50	31	44	44	52	×	12
11	БП	51	32	П 8	48	53	7	07
12	18	18	33	С/П	50	54	F 10*	15
13	—	11	34	:	13	55	+	10
14	ПП	53	35	ИП 3	63	56	F Вх	0
15	44	44	36	×	12	57	—	11
16	П 7	47	37	3	03	58	В/О	52
17	С/П	50	38	F 10*	15		F АВТ	
18	ИП 5	65	39	:	13			
19	ИП 2	62	40	F arcsin	19			

Порядок решения:

1. Переключатель Р — Г установить в положение Г и ввести программу.

2. Решить контрольную задачу. Для этого ввести в регистры 1—5 числа, соответствующие номерам регистров, а в регистры А и В — нули. Рассчитать контрольные числа, нажав клавиши:

В/О С/П $\beta_1^{ц} = 1{,}1459431 \cdot 10^{-1}$;
С/П $\beta_3^{ц} = 7{,}1620398 \cdot 10^{-2}$;
В/О С/П $\Delta\beta_1^{р} = 0$;
С/П $\Delta\beta_3^{р} = 0$.

3. Ввести исходные данные для решения реальной задачи (l_1, l_3, C, $\tau_1^{ц}$, $\tau_3^{ц}$) и вычислить $\beta_1^{ц}$ и $\beta_3^{ц}$ в порядке, указанном в п. 2.

Этими действиями микрокалькулятор будет подготовлен к вычислению отклонений разрывов снарядов от пристреливаемой цели.

4. После получения с базных пунктов значений $\tau_1^{р}$ и $\tau_3^{р}$ или $\tau_1^{гр}$ и $\tau_3^{гр}$ ввести их в регистры 4 и 5 соответственно и вычислить боковые отклонения $\Delta\beta_1^{р(гр)}$ и $\Delta\beta_3^{р(гр)}$ в порядке, указанном в п. 2.

Пример 1. Подготовить микрокалькулятор к определению боковых отклонений разрывов от звучащей цели относительно центров акустических баз крайних базных пунктов, если известно:

1. $l_1 = 300$ м.
2. $l_3 = 360$ м.
3. $C = 339$ м/с.
4. $\tau_1^{ц} = +36$ мс.
5. $\tau_3^{ц} = -12$ мс.

A = 0. B = 0.

Решение: а) ввести исходные данные;

б) В/О С/П $\beta_1^{п} = +0\text{-}39$;
С/П $\beta_3^{п} = -0\text{-}11$.

Пример 2. В условиях примера 1 определить боковые отклонения разрывов от цели, если с базных пунктов сообщили: $\tau_1^{р} = +18$ и $\tau_3^{р} = -2$.

Решение: а) ввести в регистры 4 и 5 соответственно значения +18 и —2;

б) В/О С/П $\Delta\beta_1^{р} = -0\text{-}19$;
С/П $\Delta\beta_3^{р} = +0\text{-}09$.

Доклад командиру артиллерийского подразделения: «Правый влево 19, левый вправо 9».

Глава 13

ОБСЛУЖИВАНИЕ СТРЕЛЬБЫ АРТИЛЛЕРИИ

13.1. Общие положения

Привлечение технических средств звуковой разведки к обслуживанию стрельбы артиллерии основано на возможности по звуку разрывов снарядов (мин) определять их местонахождение относительно звучащих целей. Под звучащими принято понимать такие цели, которые проявляют себя звуком выстрела (пуска) и местоположение которых определено средствами звуковой разведки. Такими целями являются стреляющие орудия, минометы и установки РСЗО противника.

Не проявившие себя стрельбой орудия, минометы и реактивные установки, ненаблюдаемые с наземных наблюдательных пунктов мосты, переправы, дефиле, пункты управления, радиолокационные станции, узлы связи, склады и т. п. относятся к незвучащим целям. Обслуживание стрельбы артиллерии по незвучащим целям возлагается на подразделение звуковой разведки только в тех случаях, когда использование других средств разведки невозможно и имеются условия производить засечку разрывов с характеристикой «точно».

В момент разрыва снаряда (мины) возникает звуковая волна, которая, распространяясь в атмосфере, достигает звукоприемников.

Обработка поступившей информации позволяет получить от ЦВМ координаты точек разрывов (реперов), а затем определить отклонения точки падения снаряда (мины) от цели относительно огневой позиции (рис. 13.1) по дальности в метрах, по направлению в делениях угломера.

Подразделение звуковой разведки привлекается к обслуживанию стрельбы орудий и минометов калибра 120 мм и более.

Для пристрелки применяются снаряды (мины) со взрывателями, установленными на осколочное действие, или с радиовзрывателями. При установке взрывателя на фугасное действие разрыв происходит после того, как снаряд (мина) на какую-то глубину проникает в грунт. При этом значительная часть энергии разрыва поглощается и значительно ухудшается слышимость звука разры-

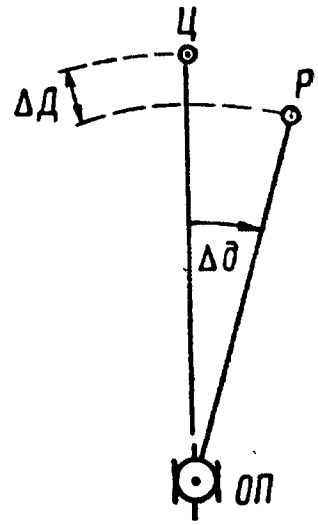


Рис. 13.1. Отклонения разрыва снаряда от цели относительно линии *ОП — Ц* по дальности $\Delta Д$ и по направлению $\Delta д$

ва. Из этих же соображений следует избегать стрельбы по целям (реперам), расположенным на мягком (заболоченном) грунте или на твердом грунте, покрытом толстым снежным покровом.

Если в силу необходимости все же приходится стрелять по таким целям, то при этом следует применять снаряд с радиовзрывателем. Преимущество в данном случае заключается в том, что разрыв происходит в воздухе, а это исключает возможность поглощения энергии взрыва земной поверхностью. Поэтому воздушный разрыв при равенстве всех прочих условий всегда лучше слышен, чем разрыв снаряда на земле. Воздушный звуковой репер создают только для определения поправок на систематическую ошибку и не используют для расчета установок для переноса огня от него на звучащие цели.

Обслуживание стрельбы с помощью средств звуковой разведки заключается в определении прямоугольных координат звуковых реперов $R_{зв}$, создаваемых для расчета установок при переносах огня от них на засеченные цели и в определении отклонений разрывов (группы разрывов) снарядов (мин) от цели при ее пристрелке.

При благоприятных условиях задачей обслуживания стрельбы является также определение отклонений разрывов от цели при корректировании стрельбы на поражение. Для осуществления такого контроля надо засечь подразделением звуковой разведки хотя бы несколько разрывов снарядов (мин). Контроль осуществляется, как правило, в промежутках между огневыми налетами, а при поражении цели одним огневым налетом, как исключение,— в его начале. Отклонения определяются по результатам засечки не менее трех разрывов в очереди батарей (подручной батареи, при стрельбе дивизионом) с темпом огня 2—5 с выстрел.

Обслуживание стрельбы не освобождает подразделение звуко-

вой разведки в этот период от ведения разведки, хотя и вносит некоторые сложности.

Правильный анализ командиром подразделения результатов засечек и предусмотренное математическое обеспечение ЦВМ позволяют ему быстро отличать засечки разрывов своей артиллерии от выстрелов вновь разведанных звучащих целей. Для уменьшения вероятности получения ложных отклонений (по посторонним разрывам) программой в ЦВМ предусмотрено ограничение: отклонения определяются только по разрывам снарядов (мин), разорвавшихся в пределах площади квадрата со стороной 2 км, центром которого является пристреливаемая цель (рис. 13.2, *а*). В дальнейшем для простоты изложения будем говорить о площади в пределах круга радиусом 1 км (рис. 13,2, *б*) *.

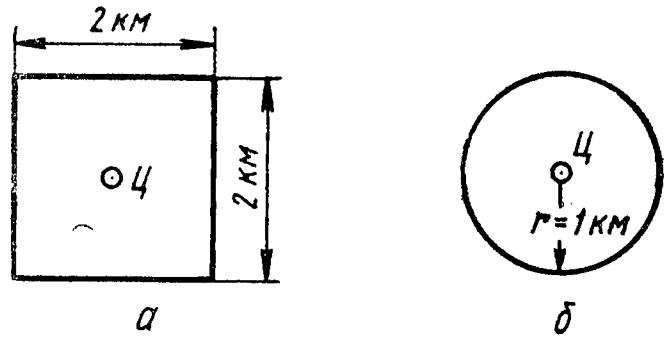


Рис. 13.2. Область вокруг цели, при попадании в которую в ЦВМ рассчитываются отклонения разрыва от цели:
а — заданная алгоритмом; *б* — принятая в учебнике к пояснениям

При выборе способа расчета установок для стрельбы на поражение следует иметь в виду, что при переносах огня от $R_{зв}$ важным является фактор внезапности поражения, что отсутствует при пристрелке цели.

13.2. Основной принцип обслуживания стрельбы артиллерии

Засечка целей, реперов, разрывов по звуку может сопровождаться только случайными ошибками или случайными ошибками вместе с систематическими.

В соответствии с ошибками, допущенными в процессе засечки по звуку, координаты, определенные подразделением звуковой разведки, могут быть подразделены:

а) на координаты «точные» (близкие к топографическим), полученные при наличии только одних случайных ошибок, при условии, что эти случайные ошибки характеризуются срединными ошибками засечки:

по дальности 0,8—1,0% дальности засечки;

---

* В комплексах АЗК последних лет выпусков этот квадрат имеет стороны, равные 800 м.

по направлению 0-03—0-04;

б) на координаты «приближенные» (отличающиеся от топографических на сотни метров), полученные при наличии ошибок как случайных, так и систематических.

Точные координаты при неоднократной засечке одной и той же цели несколько изменяют свое значение от засечки к засечке, но, так как эти изменения обусловлены действием только одних случайных ошибок, как бы ни изменились точные координаты, положение цели будет всегда определяться в пределах эллипса засечек (подразд. 6.1). Вследствие этого изменения точных координат не могут быть сколько-нибудь значительными, и их принято считать постоянными, т. е. сохраняющими свое значение независимо от того, сколько времени прошло с момента засечки цели и как за это время изменились метеоусловия.

Иначе обстоит дело с приближенными координатами, полученными при наличии не только случайных ошибок, но и систематических. Так как систематическая ошибка обусловлена, в частности, неполным учетом метеорологических факторов в момент засечки цели, с изменением метеорологических условий будут меняться величина и направление систематической ошибки. Вследствие этого при неоднократной засечке одной и той же цели без учета систематической ошибки координаты этой же цели будут меняться от засечки к засечке.

Приближенные координаты принято считать координатами «данного момента времени». Это название подчеркивает изменчивость координат во времени в соответствии с изменениями метеорологических условий.

Деление координат на точные и приближенные не может не сказаться на методах стрельбы при помощи подразделения звуковой разведки.

Пусть положение цели ($Ц_т$) определено точно (рис. 13.3, *а*). Если на рассчитанных по этой цели установках произвести выстрел, то вследствие ошибок, сопровождающих подготовку исходных данных и саму стрельбу, разрыв отклонится от цели и займет положение какой-то точки $P_т$. При засечке этого разрыва по звуку без учета систематической ошибки положение разрыва будет определено не в точке $P_т$, а в какой-то другой точке $P_з$, сдвинутой относительно точки $P_т$ на вектор $\overline{P_тP_з}$, представляющий собой геометрическую сумму случайной и систематической ошибок, допущенных при засечке.

На рисунке видно, что появление ошибки $\overline{P_тP_з}$ не дает возможности успешно проводить стрельбу по цели $Ц_т$. В самом деле, координаты точки $P_т$ стреляющему неизвестны, так как он располагает только координатами точек $Ц_т$ и $P_з$. Вследствие этого отклонение разрыва $P_з$ от цели $Ц_т$ определится стреляющим: по направлению углом $\Delta д_з + \Delta д_т$, а по дальности — величиной $\Delta Д$, т. е. отклонения будут измерены с ошибками по направлению на угол $\Delta д_з$, а по дальности — на величину $\Delta Д_з$.

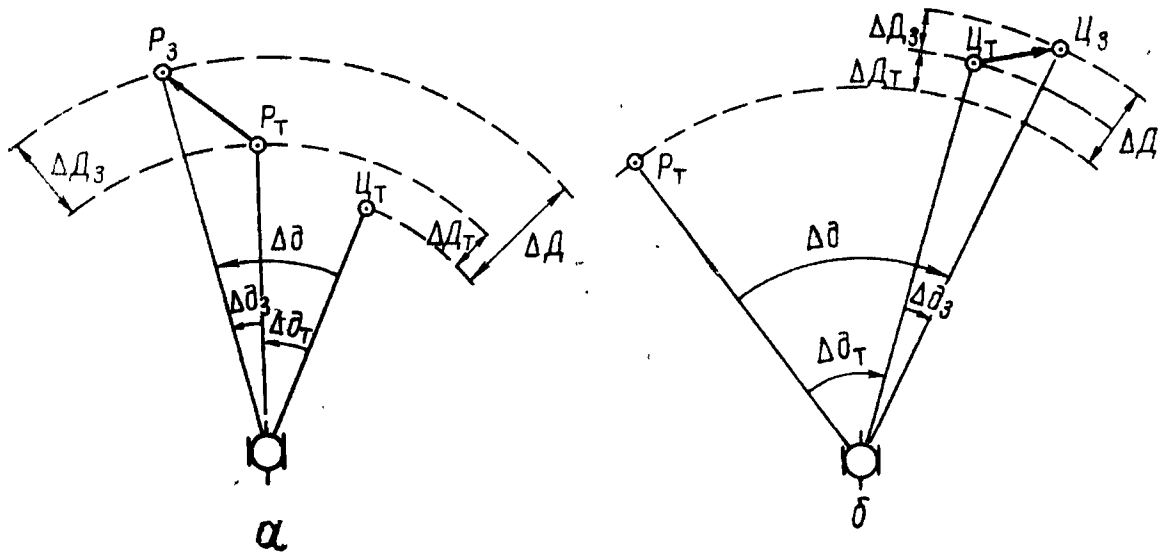


Рис. 13.3. Условия, при которых результаты пристрелки не могут быть достигнуты:

а — в случае определения координат цели с характеристикой «точно», а координат разрыва — «приближенно»; *б* — в случае определения координат цели с характеристикой «приближенно», а координат разрывов — «точно»

Если в соответствии с измеренными отклонениями ввести корректуры в установки угломера и прицела и на исправленных установках произвести группу выстрелов, центр группы разрывов не совместится с целью, а отклонится (если пренебречь рассеиванием и ошибками стрельбы) вправо на угол $Δд_з$ и даст недолет на величину $ΔД_з$, хотя на ПУО (планшете) точка $Р_з$ совместится с точкой $Ц_т$. Так как звучащие цели ненаблюдаемы на поле боя и о результатах пристрелки можно судить только по рассчитанным аналитически или измеренным на ПУО (планшете) отклонениям центров групп от цели, подобное совмещение точек $Р_з$ и $Ц_т$ будет принято за приведение разрывов к цели и пристрелка будет закончена, хотя фактически центр группы разрывов отклонился на $Δд_з$ и $ΔД_з$.

Не может дать по этим же соображениям положительных результатов пристрелка и в том случае (рис. 13.3, *б*), когда положение цели определено приближенно, а положение центра группы разрывов — точно.

Таким образом, можно сделать вывод: пристрелка цели при помощи подразделения звуковой разведки не может закончиться успешно, если координаты цели определены точно, а координаты центра группы разрывов (репера) — приближенно, или наоборот.

Рассмотрим еще один случай (рис. 13.4), когда цель и центр группы разрывов (репер) засечены с одинаковыми систематическими ошибками.

Пусть точное положение цели показано точкой $Ц_т$, приближенное — точкой $Ц_з$, а систематическая ошибка засечки цели — вектором $\overline{Ц_т Ц_з}$. Так как точное положение цели ($Ц_т$) стреляющему неизвестно, исходные данные для стрельбы будут подготовлены по точке $Ц_з$. Пусть вследствие ошибок подго-

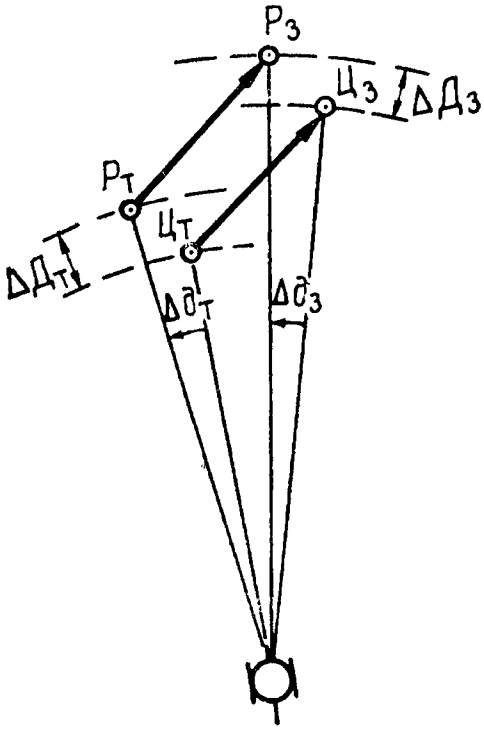


Рис. 13.4. К пояснению причин успешного завершения пристрелки цели

товки исходных данных и самой стрельбы центр группы разрывов отклонился от точки $Ц_т$ и оказался в точке $Р_т$. Если засечка разрывов происходила при тех же условиях, при которых происходила и засечка цели, положение центра группы разрывов будет определено приближенно и с такой же систематической ошибкой, как и положение цели. В результате этого положение центра группы разрывов будет определено не в точке $Р_т$, а в точке $Р_з$. Следовательно, готовились исходные данные для стрельбы по точке $Ц_з$, а центр группы разрывов оказался в точке $Р_т$, смещенной относительно точки $Ц_т$ на угол $\Delta д_т$ по направлению и на величину $\Delta Д_т$ по дальности. По координатам, определенным подразделением звуковой разведки, центр группы разрывов был нанесен в точке $Р_з$, смещенной относительно точки $Ц_з$ по направлению на угол $\Delta д_з$, а по дальности — на величину $\Delta Д_з$. Значит, если цель и центр группы разрывов определены с одинаковыми систематическими ошибками, отклонения центра группы разрывов от цели по направлению и дальности измеряются практически одними и теми же величинами независимо от того, какие в процессе измерений использованы точки — $Ц_т$ и $Р_т$ или $Ц_з$ и $Р_з$.

Это позволяет правильно измерять отклонения центра группы разрывов от цели и для случая, когда положение цели и центра группы разрывов определены хотя и приближенно, но с одинаковыми систематическими ошибками. Таким образом, если положение цели и центра группы разрывов определены с одинаковыми систематическими ошибками, пристрелка дает возможность определить точные установки для стрельбы на поражение цели. Так как вышеизложенное справедливо и при засечке репера, основной принцип стрельбы при помощи подразделений звуковой

разведки может быть сформулирован следующим образом: стрельба при помощи подразделения звуковой разведки возможна только в том случае, если ошибки засечки разрывов (репера) равны ошибкам засечки цели.

Из этого основного принципа стрельбы при помощи подразделения звуковой разведки вытекает, что если координаты цели определены точно, то и координаты центра группы разрывов (репера) должны быть также определены точно; если же координаты цели определены приближенно, то и координаты центра группы разрывов (репера) должны быть определены с таким же приближением, т. е. как те, так и другие координаты должны быть получены с одинаковыми систематическими ошибками.

Систематические ошибки, как известно, для каждой акустической базы выражаются углом между точным и приближенным направлениями на цель. Поэтому, говоря о равенстве систематических ошибок засечки цели и разрывов (репера), следует прежде всего иметь в виду равенство угловых систематических ошибок при определении направлений из центров баз. Но, так как величина и знак угловых систематических ошибок определения направлений на цель зависят от ошибок топогеодезической привязки, от неполного учета влияния метеорологических условий и от инструментальных ошибок, очевидно, что равенство угловых систематических ошибок при засечке цели и разрывов (репера) может быть достигнуто только при соблюдении следующих условий:

цель и разрывы (репер) засекаются одним и тем же подразделением звуковой разведки с одного и того же боевого порядка, чем обеспечивается главным образом равенство инструментальных ошибок и ошибок топогеодезической привязки;

засечка цели и ее пристрелка происходят в практически одинаковых условиях и подрежимах работы, чем обеспечивается равенство ошибок из-за неполного учета влияния метеорологических условий.

В зависимости от точности определения координат цели в том и другом случае правила организации поражения цели будут различными. Если координаты цели определены точно, стрельба по такой цели проводится без обслуживания подразделением звуковой разведки. К стрельбе по целям, координаты которых определены точно, может привлекаться любое огневое подразделение, в том числе не имеющее установленного взаимодействия с подразделением звуковой разведки.

Открывать огонь по таким целям можно через значительные промежутки времени после их засечки, так как точные координаты, как было установлено, сохраняют свою точность и не изменяются со временем.

Если координаты звучащей цели определены приближенно, стрельба по такой цели обязательно должна обслуживаться подразделением звуковой разведки, причем тем, которое данную цель засекло. Пристрелка должна проводиться практически в тех же

метеорологических условиях, в которых была засечена данная цель.

Расхождение в значениях метеовеличин между моментом засечки цели и моментом ее пристрелки не должно превышать 3° С по наземной температуре воздуха, 2 м/с по скорости и 4-00 по направлению наземного ветра.

Рассмотренные особенности стрельбы в зависимости от точности определения координат целей показывают все преимущества точных координат перед приближенными.

Располагая точными координатами, артиллерийские штабы, планирующие огонь на подавление батарей противника, не связаны с необходимостью подавлять цель сразу после ее засечки, так как стрельба может быть начата в любое время, кроме того, нет необходимости распределять звучащие цели только между теми огневыми подразделениями, стрельба которых может быть обслужена подразделением звуковой разведки.

Несомненным преимуществом звуковой разведки является возможность обслуживать стрельбу по звучащим целям, координаты которых получены с характеристикой «приближенно». Такие измерения организовать всегда проще, а на подготовку к ним требуется меньше времени. Это позволяет использовать подразделения звуковой разведки в маневренном бою, когда в течение нескольких часов нужно успеть развернуть батрзр (взр), провести разведку и обслужить стрельбу на поражение засеченных целей.

13.3. Засечка звуковых реперов

Для расчета установок для переносов огня на цели, засеченные подразделением звуковой разведки, создают фиктивные звуковые реперы ($R_{зв}$). Звуковым репером служит центр группы из четырех разрывов, координаты которого определены подразделением звуковой разведки. Перед созданием $R_{зв}$ командир артиллерийского подразделения ставит задачу командиру подразделения звуковой разведки на засечку репера, например: **«„Кама", засечь звуковой репер второй в районе рощи „Дубец", $x=74800$, $y=22800$, калибр 152, взрыватель осколочный, полетное 32. Доложить темп огня и готовность».**

Сведения о районе создания репера, калибре, виде взрывателя и полетном времени командир батрзр (взр) использует для постановки задачи начальнику поста наблюдения и связи, например: **«„Волга", наблюдать создание репера в районе рощи „Дубец". Калибр 152, взрыватель осколочный. Огневая справа сзади, полетное 32».** Эти сведения и последующие доклады о разрывах с поста ПНС могут существенно облегчить анализ координат, выдаваемых цифровой вычислительной машиной.

Дальнейшая работа в подразделении звуковой разведки осуществляется в том же порядке, что и при засечке репера, создаваемого для определения систематических ошибок (см. подразд. 12.4), с тем различием, что после отпечатывания координат репера в

ЦВМ данные о нем, полученные от другого средства разведки, не вводят. Поскольку после 4-й засечки на печать будут выданы результаты без указания координат, например: Р-1 206 4 070707/, включают выключатель СРЕДНЕЕ 2—4—5 программы ПЕЧАТЬ на пульте ПЛ-8 и нажимают кнопку ПУСК пульта, затем выключатель выключают. На ленте телеграфного аппарата отпечатывается информация, например: Р-1 726 11-50 74825 22750 4/, где третья группа цифр — время создания репера, четвертая и пятая — его координаты, последняя цифра означает количество засеченных разрывов при создании репера.

Следует обратить особое внимание на группу с печатью номеров групп сигналов, полученных при засечке репера. Если информация поступила со всех трех базных пунктов, это хорошо. Если же номер группы сигналов для одного из крайних базных пунктов имеет значение 00, т. е. группа отпечатана в виде, например, 000607 или 070600, что означает отсутствие поступления в ЦВМ информации, репер считают не засеченным. Отпечатанные координаты нельзя принимать за координаты репера, так как они получены засечкой с крайнего и среднего базных пунктов. Координаты звучащих целей, на которые планируется перенос огня, как правило, засекаются с крайних баз. Неодинаковые условия засечки $R_{зв}$ и $Ц_{зв}$ приведут к ошибкам при переносе огня — огневая задача не будет выполнена.

В этом случае можно переносить огонь только на звучащие цели, засеченные по данным тех же базных пунктов, что участвовали и при засечке репера.

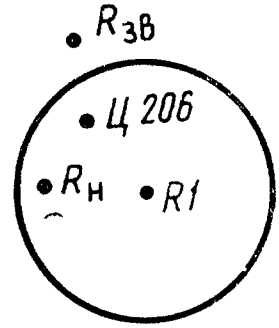


Рис. 13.5. Область действия поправок на систематическую ошибку (радиус окружности — 2,5 км)

Если звуковой репер создается после засечки цели с задачей расчета установок для переноса огня на поражение этой цели, точка накола репера должна назначаться с таким расчетом, чтобы обработка результатов засечки репера производилась в ЦВМ с теми же поправками, с которыми вычислялись координаты цели. Командиру подразделения звуковой разведки целесообразно на

своей рабочей карте нанести окружность радиусом 2,5 км, ограничивающую площадь действия поправок на систематическую ошибку. Если, например, Ц206 (рис. 13.5) засечена с учетом систематической ошибки, определенной по $R1$, то и точка накола $R_н$ создаваемого звукового репера должна быть намечена в пределах окружности, проведенной из точки $R1$. Если же репер звуковой будет создан в точке $R_{зв}$, то, так как он определен с другими поправками, чем цель, перенос огня не получится.

Если звуковой репер был создан до засечки цели, а поражение осуществляется сразу после ее засечки, необходимо иметь в виду следующее. Если этот же репер использовался для определения поправок на систематическую ошибку, т. е. после отпечатывания координат $R_{зв}$ в ЦВМ были введены «истинные» координаты репера, то в ОЗУ вычислительной машины будут рассчитаны и с этого момента храниться поправки $\Delta\beta_{сист}$. Теперь координаты всех целей в пределах норм удалений, установленных для переносов огня, будут выдаваться на печать с учетом поправок на систематическую ошибку. Следовательно, для расчета установок на перенос огня на эти цели (у них характеристика координат — «точно») нельзя использовать координаты $R_{зв}$ (характеристика — «приближенно»), засеченного еще тогда, когда в ОЗУ ЦВМ не было поправок $\Delta\beta_{сист}$. В данном случае для подготовки переноса огня на эти цели следует воспользоваться координатами «истинными», полученными от другого средства разведки и характеризующимися как «точные».

13.4. Особенности алгоритма вычислений отклонений разрывов снарядов (мин) от пристреливаемой цели

Привлечение вычислительной техники в автоматизированных звукометрических комплексах к решению задач требует, чтобы ЦВМ в одних случаях (при разведке) выдавала координаты целей, а в других (при обслуживании пристрелки цели) — рассчитывала отклонения точек разрывов снарядов (мин) от цели. Следовательно, перед началом работы в ЦВМ должен быть введен признак того, по какой программе (подпрограмме) следует вести вычисления. Однако введение такого признака нарушило бы правило: обслуживание пристрелки не освобождает от ведения разведки. Поэтому алгоритмом предусмотрено, что при решении любой из указанных задач сначала автоматически определяются и выдаются на печать прямоугольные координаты цели или разрыва снаряда (мины), а затем по команде оператора вычисляются отклонения разрывов от цели. При таком порядке вновь проявляющие себя в ходе пристрелки цели не выпадают из «поля зрения» подразделения звуковой разведки.

Для облегчения анализа получаемых координат и во избежание получения ложных данных при обслуживании пристрелки отклонения разрывов от цели рассчитываются и выдаются на печать только в том случае, если разрыв (группа разрывов) находится

не далее 1 км от пристреливаемой цели. Вероятно, было бы правильнее ограничить площадь около цели не кругом радиусом, равным 1 км, а эллипсом с осями, характеризующими максимально возможные срединные ошибки, имеющие место при первом выстреле по пристреливаемой цели. Однако при рассмотрении случайных ошибок подготовки данных (при расчете установок для стрельбы) различными способами и ошибок рассеивания видно, что даже при стрельбе из одной и той же артиллерийской системы, на одном и том же заряде, но на различные дальности ошибки будут разными. Поэтому не стали усложнять программу ЦВМ, а был выбран радиус круга таким, в площади которого в любом случае окажется первый разрыв в ходе пристрелки цели. Если же разрыв окажется удаленным более чем на 1 км от цели или если в ЦВМ поступит от оператора команда на расчет отклонений разрыва от цели при отсутствии разрыва, на печать будут выданы слова: НЕТ XY, т. е. сообщение о том, что в ЦВМ нет координат, по которым можно рассчитать отклонение. Такое же сообщение будет выдано и в том случае, если оператор потребует от ЦВМ расчета отклонений тогда, когда в ОЗУ машины предварительно не были введены координаты огневой позиции обслуживаемого артиллерийского подразделения.

Нельзя предполагать, что на удалении в 1 км от пристреливаемой цели, кроме координат интересующих нас разрывов, не окажутся зафиксированными, может быть, задолго до начала пристрелки координаты других разрывов и даже координаты какой-либо звучащей цели. Тогда при пристрелке по команде оператора будет выдано не одно отклонение, а несколько — по числу имеющихся координат звучащих точек в площади круга радиусом 1 км и с центром $x_ц$, $y_ц$. Первым бы было выдано отклонение, рассчитанное по последним (по времени) зафиксированным координатам, затем по предпоследним, потом рассчитанное по предшествующим и т. д. Это затруднило бы работу командира подразделения звуковой разведки по отбору нужных значений отклонений. Поэтому крайне желательно, чтобы к началу пристрелки в указанной площади не содержалось бы каких-либо координат. Тогда полученное одно значение отклонений будет тем, которое следует доложить стреляющему.

Для уменьшения вероятности получения ложных отклонений при засечке группы разрывов при выстрелах, произведенных после введения корректур по первому одиночному разрыву, алгоритмом предусмотрен расчет отклонений по координатам, имеющимся в площади уже меньших размеров — в круге радиусом 400 м от $x_ц$, $y_ц$. Это оправдано, так как есть все основания полагать, что после корректуры средняя траектория стрельбы пройдет не далее 400 м от цели. Зато по координатам, которые могут быть зафиксированы в памяти ЦВМ, на удалениях от 401 до 1000 м от цели отклонения рассчитываться не будут.

Зададимся вопросом: следует ли оставлять в памяти ЦВМ координаты, по которым рассчитаны и отпечатаны отклонения раз-

рывов от цели? Если это были координаты первого одиночного разрыва, то не следует. Известно, что по полученному отклонению разрыва от цели будет введена корректура и пристрелка продолжится на других установках прицельных приспособлений. Следовательно, нельзя сохранять в ОЗУ ЦВМ координаты первого одиночного разрыва. С другой стороны, если это координаты первого разрыва в очереди, то они должны запоминаться для дальнейшего осреднения с координатами последующих разрывов снарядов, выпущенных другими орудиями батареи.

Алгоритмом предусмотрено, что если оператор дает команду на расчет первого отклонения разрыва от цели, то координаты этого разрыва после отпечатывания стираются из памяти в том случае, если они находятся на удалении от 401 до 1000 м от пристреливаемой цели (предполагается, что это координаты первого разрыва, имеющего значительные отклонения) и остаются в памяти, если попадают в круг радиусом 400 м. Если оператор подает команду на расчет отклонения по осредненным координатам группы разрывов выключателем СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ, после отпечатывания отклонений координаты, по которым отклонения были рассчитаны, из памяти стираются.

Команда на расчет и выдачу первого отклонения подается включением одного из трех выключателей ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ пульта ПЛ-8 и нажатием кнопки ПУСК этого пульта. Поскольку предусмотрено одновременное содержание в памяти ЦВМ координат трех огневых позиций, выбором одного из трех выключателей ПЕРВОЕ определяется расчет отклонений относительно одной из трех обслуживаемых батарей.

Команда на расчет и выдачу среднего значения отклонения группы разрывов от цели осуществляется включением выключателя СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ и нажатием кнопки ПУСК пульта ПЛ-8. При этом отклонение рассчитывается для той обслуживаемой батареи, относительно которой перед этим рассчитывалось отклонение ПЕРВОЕ.

По обеим командам по известным координатам рассчитываются с данной ОП дирекционный угол направления на цель ($\alpha_ц$) и дальность до цели ($Д_ц$), а после засечки разрыва (группы разрывов) по той же подпрограмме вычисляются дирекционный угол направления с ОП на разрыв (группу разрывов) $\alpha_р$ ($\alpha_{гр}$) и дальность до него $Д_р$ ($Д_{гр}$), после чего рассчитывается отклонение разрыва (группы разрывов) от цели: по дальности $\Delta Д = Д_{р(гр)} - Д_ц$ с точностью до 1 м, по направлению $\Delta д = \alpha_{р(гр)} - \alpha_ц$ с точностью до 0-01. Рассчитанное отклонение выдается на печать или на табло ЦВМ (в аварийном режиме).

При определении отклонений разрывов снарядов (мин) от цели сначала рассчитываются их координаты. Эти расчеты производятся по той же подпрограмме определения координат, что и при ведении разведки. Этой подпрограммой предусмотрено осреднение координат каждой засечки до 6-й включительно. При этом результаты после 2, 4 и 5-й засечек выдаются на печать только

по требованию оператора. После 6-й засечки одновременно с печатью осредненных координат данные об этих засечках из ОЗУ ЦВМ стираются.

Из этого следует, что если, например, в обслуживаемой батарее четыре или пять орудий, то после назначения батарейной очереди с расходом один снаряд на орудие и с темпом, указанным командиром подразделения звуковой разведки, соответственно будут осреднены координаты четырех или пяти разрывов, но отпечатаны они не будут. Прежде чем подать команду на расчет отклонений, необходимо включить выключатель СРЕДНЕЕ 2—4—5 программы ПЕЧАТЬ, нажать кнопку ПУСК пульта ПЛ-8, затем выключатель выключить и тем самым отпечатать осредненные координаты группы разрывов.

Если же в обслуживаемой батарее шесть и более орудий, назначая батарейную очередь, следует иметь в виду, что в такой очереди должно быть произведено не более пяти выстрелов. Если такого ограничения сделано не будет, то после разрыва снаряда, выпущенного шестым орудием, т. е. после 6-й засечки, осредненные координаты группы из шести разрывов после автоматической печати будут стерты из памяти ЦВМ и по последующей команде оператора на выдачу среднего значения отклонения по группе разрывов отпечатается: НЕТ XY. Действительно, невозможно рассчитать отклонение средней точки падения снарядов, если неизвестны координаты этой точки.

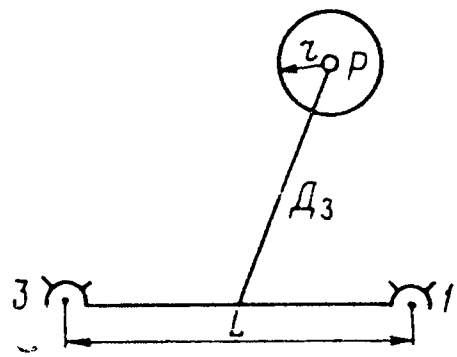


Рис. 13.6. Дальность засечки разрыва

Осреднение координат разрывов в группе происходит по той же подпрограмме, что и при ведении разведки, т. е. в зависимости от признака, записанного в 33-ю ячейку ДЗУС. Обычно по этому адресу записано число 000000, т. е. признак осреднения координат в площади круга радиусом r (рис. 13.6), равным 3% дальности засечки $Д_з$ (расстояние от точки с получаемыми координатами разрыва P до центра геометрической базы L).

После первого выстрела в очереди за точку O_1 принимается точка разрыва P_1, вокруг которой рассчитывается площадь круга радиусом r (рис. 13.7, *а*). Координаты второго разрыва P_2, так как они не вышли за пределы этой окружности, осреднились с координатами разрыва P_1 (рис. 13.7, *б*). Теперь уже центром кру-

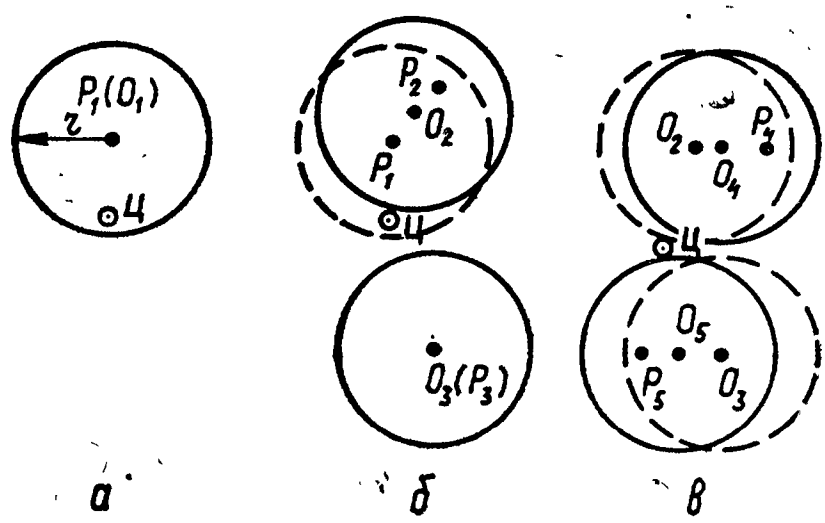


Рис. 13.7. Осреднение координат разрывов снарядов:
а — область осреднения вокруг точки первого разрыва; *б* — осреднение координат первого и второго разрывов и область осреднения вокруг точки третьего разрыва; *в* — O_4 — осредненные координаты группы (первого, второго и четвертого) разрывов и O_5 — осредненные координаты группы (третьего и пятого) разрывов

га осреднения является точка O_2, а координаты точек P_1 и P_2 из памяти ЦВМ стираются. Третий разрыв в результате рассеивания произошел, например, в точке P_3. Так как его координаты не вписались в область осреднения с центром O_2, вокруг точки P_3 рассчитывается новая окружность осреднения (рис. 13.7, *б*) с центром в точке O_3 (P_3). Четвертый разрыв произошел в точке P_4, в результате чего были осреднены координаты точки O_2 и четвертого разрыва (точка O_4, рис. 13.7, *в*). Координаты пятого разрыва оказались в пределах площади круга осреднения, рассчитанного вокруг точки O_3, поэтому осреднились с координатами третьего разрыва (точка O_5, рис. 13.7, *в*). В итоге имеются две группы осреднения с координатами в точках O_4 и O_5.

После команды оператора на расчет и печать отклонений средней точки падения снарядов от цели будут выданы два отклонения. В данном случае сначала по координатам, осредненным по разрывам P_5 и P_3 (так как P_5 прозвучал последним, т. е. по времени засечки является самым «свежим»), потом второе отклонение — по осредненным координатам разрывов P_4, P_2 и P_1. Это могут быть отклонения даже с противоположными знаками. Такое может произойти только тогда, когда радиус осреднения r окажется меньше, чем максимально возможное для конкретных условий рассеивание снарядов (мин) при стрельбе. Известно, что оно характеризуется значением учетверенной срединной ошибки рассеивания по дальности ($4B_{д}$) и может быть определено по Таблицам стрельбы. Это особенно сказывается при малых дальностях засечки, когда пристреливаемая цель находится в ближайшей глубине расположения противника. Если, например, минометная секция противника была засечена на дальности $Д_з$=3 км, то это означает, что после первого разрыва выстрелов очереди вокруг точ-

ки P_1 будет описана площадь радиусом $r=3\%$ $Д_з=90$ м. Координаты последующих разрывов будут учтены при осреднении только в том случае, если они произойдут в этой площади.

Если предположить, что обслуживаемая батарея развернута на значительном расстоянии от цели, то вполне вероятно, что 3 *Вд*—4 *Вд* составят более 90 м и отдельные разрывы выстрелов очереди могут оказаться вне площади осреднения. Поэтому введено правило: при дальности засечки разрывов до 5000 м в ячейку с адресом 33 ДЗУС записывают число 000002 — признак радиуса осреднения $6\%Д_з$. Тогда эта величина будет всегда более 4 *Вд* и координаты всех разрывов выстрелов батарейной очереди будут осреднены, что позволит получить среднее по группе отклонение разрывов снарядов (мин) от цели.

13.5. Действия расчета при обслуживании пристрелки цели

Организуя обслуживание стрельбы, следует помнить, что оно осуществляется одновременно с ведением разведки. Следовательно, действия расчета на всех рабочих местах при обслуживании стрельбы — это дополнительные действия к тем, что проводятся в ходе разведки.

Устанавливая взаимодействие с командиром (начальником штаба) артиллерийского подразделения, стрельбу которого он будет обслуживать, командир подразделения звуковой разведки получает сведения о координатах огневых позиций, калибре и числе орудий на них, об основных и запасных каналах связи с обслуживаемым подразделением.

Одновременно в оперативной памяти ЦВМ могут храниться координаты трех огневых позиций артиллерийских батарей, пристрелка которых обслуживается поочередно. Ввод координат в ЦВМ производится в строгой последовательности:

координаты пристреливаемой цели;
координаты огневой позиции ОП-1;
координаты огневой позиции ОП-2;
координаты огневой позиции ОП-3.

Если к моменту ввода какие-либо из перечисленных координат неизвестны, вместо них вводятся нули.

Данные вводят с помощью телеграфного аппарата через пульт ПЛ-8. На нем включают выключатель $X_ц$, $Y_ц$, $X_б$, $Y_б$ программы ОТКЛОНЕНИЯ, нажимают кнопку ПУСК пульта, затем выключатель выключают. С клавиатуры включившегося телеграфного аппарата значения координат в указанной ранее последовательности вводят на приемный регистр ЦВМ, контролируя правильность ввода по табло вычислительной машины и ленте СТА (ЛТА). Закончив ввод данных, включают выключатель В ЦВМ программы ОТКЛОНЕНИЯ, нажимают кнопку ПУСК пульта, затем выключатель выключают. С приемного регистра введенные координаты будут занесены в ЦВМ по соответствующим адресам

ОЗУ. На пульте ПЛ-8 загорятся лампы Б-1, Б-2 и Б-3, соответствующие номерам тех батарей, координаты ОП которых введены в ЦВМ.

Например, ввод координат может производиться в такой последовательности:

ввод координат пристреливаемой цели и огневых позиций трех батарей:

72115) ⌴ 24391) ⌴ 58218) ⌴ 21935) ⌴ 57110)
⌴ 22805) ⌴ 58395) ⌴ 23690) ⌴

(здесь первые две группы цифр — координаты цели, последующие попарно — координаты огневых позиций ОП-1, ОП-2 и ОП-3);

ввод данных, когда задача на обслуживание еще не получена (нет координат цели), а взаимодействие с обслуживаемым артиллерийским дивизионом установлено (координаты ОП известны):

0) ⌴ 0) ⌴ 58218) ⌴ 21935) ⌴ 57110)
⌴ 22805) ⌴ 58395) ⌴ 33690) ⌴

ввод координат цели и только ОП-1:

72115) ⌴ 24391) ⌴ 58218) ⌴ 21935) ⌴

ввод координат только ОП-3:

0) ⌴ 0) ⌴ 0) ⌴ 0) ⌴ 0) ⌴ 0) ⌴ 58395) ⌴ 33690) ⌴

дополнительный ввод координат ОП-1:

0) ⌴ 0) ⌴ 58218) ⌴ 21935) ⌴ 0) ⌴ 0)
⌴ 58395) ⌴ 33690) ⌴

ввод координат новой пристреливаемой цели:

70495) ⌴ 23805) ⌴

Ввод в ЦВМ координат ОП осуществляют, как правило, после установления взаимодействия с артиллерийским подразделением еще до получения задачи на обслуживание пристрелки цели.

При постановке задачи на обслуживание пристрелки цели командиру подразделения звуковой разведки указывают номер и координаты цели (если надо), номер ОП, с которой будет вестись стрельба, полетное время снаряда, вид взрывателя (если надо) и приказывают доложить темп огня батарейной очереди и готовность подразделения. Если заблаговременно не было установлено взаимодействие, сообщают дополнительно координаты огневой позиции, калибр и количество развернутых на ней орудий. В тех случаях, когда номера целей после их разведки не менялись, координаты цели в команде опускаются. Если не применяются снаряды с радиовзрывателем, значит, взрыватель всегда установлен на осколочное действие, вид взрывателя в команде также не указывается.

Пример постановки задачи командиру подразделения звуковой разведки на обслуживание пристрелки цели: **«„Двина", обслу-**

жить пристрелку цели 702-й первой батареей, полетное 28. Доложить темп огня и готовность».

Получив задачу на обслуживание пристрелки цели, командир подразделения звуковой разведки ставит задачи подчиненным.

Оператору он приказывает ввести в ЦВМ координаты пристреливаемой цели, например: **«Ввести координаты цели $x=72115$, $y=24391$. Пристрелка первой батареей».** После ввода данных он отдает распоряжение на очистку массива ОЗУ ЦВМ в радиусе 1 км от пристреливаемой цели от имеющихся в памяти координат других целей (разрывов, реперов): **«Очистить память».**

Оператор по этой команде включает на пульте ПЛ-8 выключатель ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ, нажимает кнопку ПУСК пульта, затем выключатель выключает. Если на ленте отпечатается НЕТ XY, то очистка памяти на этом заканчивается, так как известно, что командой, поданной включением любого из трех выключателей ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ, на печать выводятся отклонения, рассчитанные по любым координатам, имеющимся в круге радиусом, равным 1 км, от точки с координатами $x_ц$, $y_ц$. Если печать отклонений не последовала, значит, в этом круге нет координат точек, по которым можно было бы рассчитать отклонения. Площадь круга чиста от посторонних координат.

Если на ленте отпечатаются какие-либо отклонения, оператор включает выключатель СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ и нажимает кнопку ПУСК после каждого отпечатывания отклонений до тех пор, пока не отпечатается сообщение НЕТ XY, выключатель ОПЕРАТОР выключает. Переход к команде, подаваемой выключателем СРЕДНЕЕ, объясняется тем, что отпечатанное отклонение по команде, поданной включением выключателя ПЕРВОЕ, может оказаться рассчитанным по координатам источника звука, находящимся на удалении до 400 м от цели. Тогда сколько бы раз оператор ни нажимал кнопку ПУСК, это же отклонение будет вновь отпечатываться каждый раз, так как по команде, подаваемой путем включения выключателя ПЕРВОЕ, стирания координат в площади радиусом 400 м от цели, как известно, не происходит.

Получив на печать сообщение НЕТ XY, оператор вновь включает выключатель ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ и нажимает кнопку ПУСК пульта до получения на ленте печати слов НЕТ XY, после этого выключает выключатель. Теперь и на удалении от 401 до 1000 м нет координат посторонних источников звука, которые могли быть в этой площади и не стерлись из памяти после начального включения выключателя ПЕРВОЕ и одноразового нажатия кнопки ПУСК пульта. Сразу нажимать неоднократно кнопку ПУСК пульта нецелесообразно, так как если бы посторонние координаты находились в радиусе до 400 м от цели, они бы не стирались из памяти и каждый раз отпечатывались одинаковыми.

После получения на печать НЕТ XY в результате включения выключателей ПЕРВОЕ, затем СРЕДНЕЕ и вновь ПЕРВОЕ оператор докладывает командиру подразделения звуковой разведки: **«Память очищена».**

Командир подразделения звуковой разведки обязан по карте оценить ожидаемую дальность засечки разрывов и, если она менее 5000 м, отдать распоряжение оператору ЦВМ: **«Ввести в 33-ю ячейку ДЗУС признак два»,** что увеличит радиус осреднения координат разрывов и обеспечит их вычисление как одного среднего значения.

Командир подразделения звуковой разведки, исходя из состояния погоды в данный момент и зная по докладам начальников базных пунктов качество записи сигналов звуков выстрелов (разрывов), устанавливает темп батарейной очереди. При отличной слышимости звуков в атмосфере, когда поглощение ею звуковой волны малое, а значит, и сам принимаемый сигнал имеет большую протяженность (длительность), что при записи на ленте регистрирующего прибора выражается наличием «хвоста» у полученного сигнала, и когда вероятно наложение на него последующего сигнала от разрыва снаряда следующего в очереди выстрела, темп стрельбы назначается не менее 4—5 секунд выстрел. При неблагоприятных условиях распространения звуковых волн темп стрельбы может составить 2—3 с выстрел.

В отдельных случаях, когда огневые позиции обслуживаемых батарей развернуты очень близко к рубежу расположения звукоприемников, а дальность засечки разрывов мала, возможны случаи, когда во избежание помех, создаваемых последующими выстрелами, темп батарейной очереди должен быть увеличен до 20 с и выстрелы, назначенные в очереди, должны быть произведены с перерывом после выстрела 2-го или 3-го орудия на 10—15 с.

Определив темп батарейной очереди, командир подразделения звуковой разведки докладывает о нем и о готовности стреляющему.

Приняв команду **«Засечь один разрыв»,** командир подразделения ставит задачу начальникам базных пунктов: **«Засечь один разрыв»,** а также начальнику поста наблюдения и связи: **«Засечь один разрыв в направлении рощи «Мокрая» по цели 702-й, калибр 122, полетное 28, огневая справа сзади, доложить о разрыве».** После получения доклада о выстреле о нем предупреждаются базные пункты и ПНС. На ЦП принимается и фиксируется время доклада с поста наблюдения и связи.

После обработки засечки разрыва в ЦВМ отпечатываются результаты вычислений в том же порядке, как и при ведении разведки, например:

702 06-16 72589 24389 141016/

Если в начале пятой группы отпечатана не единица, а какая-либо другая цифра, то это значит, что наряду с данными по разрыву снаряда (мины) в ЦВМ обработаны и посторонние сигналы,

а полученные по ним координаты осреднены с координатами разрыва, по ним-то и рассчитаны отпечатанные отклонения. В этом случае стреляющему докладывают: **«Разрыв не засечен».** Выстрел повторяют, «очистив» предварительно память в ОЗУ ЦВМ, как это было указано ранее.

После получения на печать координат разрыва снаряда (мины) для получения отклонений разрыва от цели включают выключатель ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ, соответствующий номеру ОП обслуживаемой батареи, нажимают кнопку ПУСК пульта ПЛ-8, затем выключатель выключают. На ленте отпечатываются результаты расчетов, проведенных в ЦВМ по поданной команде с ПЛ-8, например:

Б-1 702 ПЕРЕЛЕТ 646 ВЛЕВО 0-06 06-16 72589 24389 1/

где Б-1 — номер ОП, для которой рассчитаны отклонения;

ПЕРЕЛЕТ 464 — отклонение по дальности, м;

ВЛЕВО 0-06 — отклонение по направлению, дел. угл.;

06-16 — астрономическое время засечки разрыва;

72589 24389 — координаты разрыва;

1 — количество засечек, по которым рассчитаны отклонения.

Не исключено, что вычисленные отклонения получены по координатам постороннего разрыва (выстрела). Для подтверждения достоверности полученных отклонений включают выключатели СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ и несколько раз нажимают кнопку ПУСК до отпечатывания слов НЕТ XY, затем выключатель выключают. Этим проверяют, есть ли зафиксированные координаты звучащих точек в круге радиусом 400 м (200 м — в комплексах выпуска последних лет) от пристреливаемой точки. Вновь включают тот же выключатель ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ и нажимают несколько раз кнопку ПУСК пульта ПЛ-8 до получения печати слов НЕТ XY, затем выключатель выключают. При первом включении отпечатываются отклонения только по одним координатам. Вторично этим выключателем дают команду на расчет отклонений по координатам других источников звуков, если они есть еще в пределах от 401 до 1000 м от пристреливаемой цели.

Все отпечатанные отклонения анализирует командир подразделения звуковой разведки.

Если одинаковые отклонения отпечатаны дважды или всего один раз, они считаются достоверными и докладываются стреляющему, например: **«Разрыв засечен, перелет 646, влево 6».**

Если отпечатаны разные отклонения, определяют их достоверность, исходя из анализа времени и последовательности получения отклонений, координат разрывов, их количества, докладов с поста наблюдения и связи. В зависимости от результата докладывают: **«Разрыв засечен»** и отклонения по нему или **«Разрыв не засечен».**

Если после печати координат первого разрыва после подачи команды на расчет отклонений включением выключателя ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ и при нажатии кнопки ПУСК будет

отпечатано НЕТ XY, докладывают стреляющему, например: **«Разрыв не засечен. Отклонение более одного километра. Координаты разрыва $x=71004$, $y=24106$».**

В этом случае на исправленных установках дается еще один выстрел.

При таких действиях и такой последовательности подачи команд с пульта ПЛ-8 обеспечиваются полнота выдачи всех имеющихся в ЦВМ данных для доклада стреляющему и стирание из памяти ЦВМ ненужных для дальнейшей пристрелки координат.

Приняв команду, например: **«Засечь батарейную очередь 5 секунд выстрел»**, командир подразделения звуковой разведки ставит задачу начальникам базных пунктов и начальнику поста наблюдения и связи, например: **«Засечь пять разрывов, 5 секунд выстрел»** — и предупреждает их о выстрелах, принимая доклады о них от стреляющего.

После обработки принятой информации о разрывах очереди автоматически будут отпечатаны результаты засечек разрывов снарядов. Например, отпечатается:

702 06-18 72000 24400 1 151117/

702 2 161218/

702 06-18 72006 24410 3 171301/

702 4/ 181402/

702 5 011503/

При этом в зависимости от темпа огня батарейной очереди печать после второго, третьего или четвертого разрыва может отсутствовать. Это объясняется тем, что быстродействие ЦВМ значительно выше быстродействия телеграфного аппарата. Если за время отпечатывания, например, результатов засечки первого разрыва в ЦВМ уже рассчитаны координаты, полученные после 3-й засечки, данные о наличии результатов после 2-й засечки на печать не выдаются.

Если печать заканчивается после засечки четырех или пяти разрывов очереди, для отпечатывания координат центра этой группы разрывов включают выключатель СРЕДНЕЕ 2—4—5 программы ПЕЧАТЬ, нажимают кнопку ПУСК пульта ПЛ-8, затем выключатель выключают. На ленте отпечатаются координаты центра группы разрывов, например:

702 06-18 72009 24406 5/

Получив координаты, осредненные не менее чем по трем засечкам разрывов в батарейной очереди, включают выключатель СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ пульта ПЛ-8, нажимают кнопку ПУСК пульта и получают отпечатанные результаты расчета отклонений центра группы разрывов от цели, например:

Б-1 702 НЕДОЛЕТ 100 ВПРАВО 0-03 06-18 72009 24406 5/

Для подтверждения достоверности полученных отклонений на-

жимают кнопку ПУСК, при этом на ленте должно отпечататься НЕТ XY. Если отпечатались какие-либо другие отклонения, нажимают кнопку ПУСК до получения на ленте НЕТ XY и проводят анализ полученных данных.

С достаточной степенью вероятности можно ожидать, что центр группы разрывов после первой корректуры находится не далее чем 400 м от цели. Кроме того, вероятность того, что в площади радиусом 400 м появятся посторонние источники звуковых волн, меньше, чем в площади радиусом 1000 м.

Следует быть особо внимательным в тех случаях, когда поражаемая батарея противника не прекращает огня, так как отдельные ее выстрелы могут быть засечены как наши разрывы. В таких случаях, как исключение, следует отказаться от темпа 2—5 с в очереди и каждый выстрел очередного орудия в обслуживаемой батарее по возможности производить сразу же после выстрела поражаемой батареи (лучше по команде с поста наблюдения и связи). По докладам с ПНС о разрывах следует фиксировать номера групп обработанных сигналов по ним, принимаемых на базных пунктах в подрежиме Р (с записью значений ГВ, ТВ2 и ТВ3 с табло пульта ПЛ-3-1 на ленту регистрирующего прибора). Переход в подрежим Р не разрешит автоматическую передачу с БП на ЦП информации. Следовательно, посторонние выстрелы и разрывы не будут обработаны в ЦВМ. По окончании стрельбы обслуживаемой батареи по команде с ЦП в подрежиме Р ЭВМ с пульта ПЛ-3-2 отобранную по разрывам информацию с базных пунктов отправляют на центральный пункт.

Команду на расчет и печать отклонений оператор подает включением, как обычно, выключателя СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ. Если не принять указанных мер, то, когда батарея противника ведет огонь, очень вероятен случай, что после окончания пристрелки обслуживаемой батареи после включения выключателя СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ на печать будут выданы слова НЕТ XY. Это означает, что вместе с пятью засечками разрывов обслуживаемой батареи ЦВМ обработала и засечки выстрелов батареи противника. Так как после осреднения шести засечек их осредненные координаты из памяти ОЗУ ЦВМ стираются, поэтому их и не оказывается в массиве памяти и на печать выдается сообщение НЕТ XY.

Только убедившись в достоверности полученных отклонений центра группы разрывов от цели, командир подразделения звуковой разведки докладывает стреляющему, например: **«Засечено 5 разрывов, среднее по группе: недолет 100, вправо 3».**

При засечке в батарейной очереди менее трех разрывов отклонения не определяют, а докладывают только о количестве засеченных разрывов. По решению командира артиллерийского подразделения стрельбу продолжают до получения необходимого числа засечек. Об окончании пристрелки стреляющий сообщает командиру подразделения звуковой разведки: **«Пристрелка закончена»** — или в отдельных случаях ставит задачу на определение

отклонений разрывов от цели при стрельбе на поражающих установках. Такой контроль осуществляется по результатам засечки разрывов очередей (не более пяти выстрелов в очереди) батарей, участвующих в поражении цели. Огонь ведется с темпом 2—5 с выстрел. Перед стрельбой «очищают» массив памяти вокруг цели, как это уже было описано.

Команду на открытие огня следующей батареей подают только после получения доклада о засечке разрывов очереди предыдущей батареи. Для получения отклонений батарейных очередей команду подают включением выключателя ПЕРВОЕ, соответствующего номеру контролируемой батареи и нажатием кнопки ПУСК пульта ПЛ-8, затем выключатель выключают. При этом контроле в ходе стрельбы на поражение нельзя вызывать на печать отклонения центра группы разрывов очереди путем включения выключателя СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ. Это вызвано тем, что выключатель СРЕДНЕЕ выдает команду на расчет отклонений разрывов от цели относительно той батареи, для которой рассчитывалось отклонение по команде ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ. При контроле поражающей очереди включением выключателя СРЕДНЕЕ будет нарушена программа ОТКЛОНЕНИЯ, а отпечатанные значения отклонений могут не относиться к конкретной огневой позиции. Поэтому при контроле поражающих очередей команду на расчет отклонений следует подавать включением выключателя ПЕРВОЕ, соответствующего номеру контролируемой батареи. При докладе отклонений указываются номер батареи и величины отклонений, например: **«Первая, недолет 42, вправо 3»** или **«Вторая, верно».**

При таком контроле может быть установлено, что разрыв снаряда, например, второго орудия значительно отклонился от остальных разрывов очереди. На печать были выданы, например, такие результаты засечки разрывов:

712 06-25 78025 24914 1 151510/

713 06-25 77648 24410 1 161611/

712 2 171712/

712 06-25 78054 24909 3 181813/

712 4 010114/

После отпечатывания осредненных координат (путем включения выключателя СРЕДНЕЕ 2—4—5 программы ПЕЧАТЬ и нажатия кнопки ПУСК на пульте ПЛ-8)

712 06-25 77980 24918 4/

становится очевидным, что координаты разрыва снаряда второго орудия не были осреднены с координатами разрывов снарядов очереди и получили в массиве ОЗУ свой, очередной (713-й) номер. Следовательно, в памяти ЦВМ после засечки разрывов снарядов очереди хранятся две пары координат за номерами 712 и 713. По-

сле включения выключателя ПЕРВОЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ будут рассчитаны и выданы на печать отклонения по координатам № 713 (при наличии нескольких координат в массиве памяти первыми выдаются отклонения, рассчитанные по координатам, имеющим старший присвоенный номер):

Б-2 713 НЕДОЛЕТ 345 ВЛЕВО 0-19 06-25 77648 24410 1/

а не ожидаемые отклонения по центру группы четырех разрывов снарядов. Включением выключателя СРЕДНЕЕ программы ОТКЛОНЕНИЯ и нажатием кнопки ПУСК координаты этого разрыва стираются из памяти ЦВМ. Повторной командой включением того же выключателя ПЕРВОЕ (при выключении выключателя СРЕДНЕЕ) программы ОТКЛОНЕНИЯ и нажатием кнопки ПУСК вызываются на печать отклонения, рассчитанные по другим имеющимся в памяти координатам, т. е. по группе разрывов очереди:

Б-2 712 ПЕРЕЛЕТ 031 ВПРАВО 0-03 06-25 77980 24918 4/

Поскольку очевидно, что в этот результат не вошли данные по выстрелу второго орудия (по засечке № 713), командир подразделения звуковой разведки в этом случае обязан доложить, например, так: **«Вторая перелет 31, вправо 3. Проверить установки второго орудия».**

Пристрелка незвучащих целей, разведанных другими средствами разведки, или звучащих целей, но засеченных другим подразделением звуковой разведки, возможна только в том случае, если в памяти ЦВМ хранятся поправки на систематическую ошибку, действительные для времени пристрелки таких целей, и цели находятся в зоне действия этих поправок, т. е. удалены от $R_{зв}$ не более чем на 2,5 км. При этом порядок пристрелки незвучащих целей ничем не отличается от пристрелки звучащей цели.

Глава 14

СБОР И ОБРАБОТКА РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ СВЕДЕНИЙ В ПОДРАЗДЕЛЕНИИ ЗВУКОВОЙ РАЗВЕДКИ

14.1. Документы, ведущиеся в подразделении звуковой разведки

При подготовке и в ходе боевых действий офицеры подразделения звуковой разведки ведут рабочие карты. На посту наблюдения и связи составляют схему ориентиров и ведут журнал разведки.

Документами базных пунктов являются ленты регистрирующих приборов с записями звуков выстрелов орудий и разрывов снарядов, контрольные ленты и карточки топогеодезической привязки базных пунктов. На центральном пункте ведут крупномасштабный планшет, журнал целей, схему целей, бланк исходных данных, журнал учета метеорологических данных, рабочий журнал с лентами телеграфного аппарата.

На **рабочую карту** командира батареи (взвода) звуковой разведки наносят:

передний край противника и своих войск;

боевой порядок подразделения;

полосу разведки и районы особого внимания;

ориентиры и условные наименования местных предметов;

цели, разведанные подразделением звуковой разведки и другими подразделениями артиллерийской разведки;

пункты и позиции подразделений артиллерийской разведки, а также артиллерийских подразделений, с которыми осуществляется взаимодействие;

место командно-наблюдательного пункта старшего начальника;

звуковые реперы и зоны действия поправок на систематическую ошибку;

маршруты перемещения подразделения в ходе боя и намечаемые рубежи развертывания;

данные радиационной и химической обстановки;

позывные должностных лиц и сигналы управления (оповещения);

кодировку координатной сетки.

При нанесении на рабочую карту целей используют условные

обозначения, указывая номер цели, калибр, количество орудий (минометов), дату и время обнаружения цели.

Крупномасштабный планшет служит для детального анализа и оценки разведанных целей противника. При ведении разведки артиллерии противника, особенно применяющей ядерные боеприпасы, возникает необходимость знать расположение каждого орудия на огневой позиции, чтобы определить фронт батареи или взвода, конфигурацию огневой позиции, количество стреляющих орудий. Эти сведения могут быть получены с помощью крупномасштабного планшета, если в ячейку ДЗУС ЦВМ с адресом 33 ввести признак 000001, характеризующий команду машине на проведение обработки засекаемых целей без осреднения координат. В этом случае отпечатываемые на ленте телеграфного аппарата координаты каждого выстрела наносят на планшет, анализируя элементарные цели в составе групповой, определяют ее координаты и делают вывод о характеристиках разведанной цели.

Журнал целей (табл. 14.1) предназначен для учета разведанных целей. В этот журнал записывают присвоенный номер цели, время засечки, наименование цели и характеристику ее деятельности, координаты цели, угол и дальность засечки, характеристику точности и надежности засечки. Повторно засеченные цели заносят в журнал под одним и тем же номером. Цель считают надежно разведанной, если она обработана по трем и более засечкам.

Схема целей (рис. 14.1), как правило, оформляется на кальке с нанесенной координатной сеткой и служит для нанесения на карту старшего начальника разведывательных данных подразделения звуковой разведки. На эту схему переносят с рабочей карты командира подразделения передний край противника, полосу разведки и цели, разведанные за определенный промежуток времени, с указанием их координат и представляют старшему начальнику к указанному времени.

Бланк исходных данных (см. табл. 11.4) ведет оператор ЦВМ по ходу поступления информации о данных топогеодезической привязки базных пунктов и указаний командира подразделения.

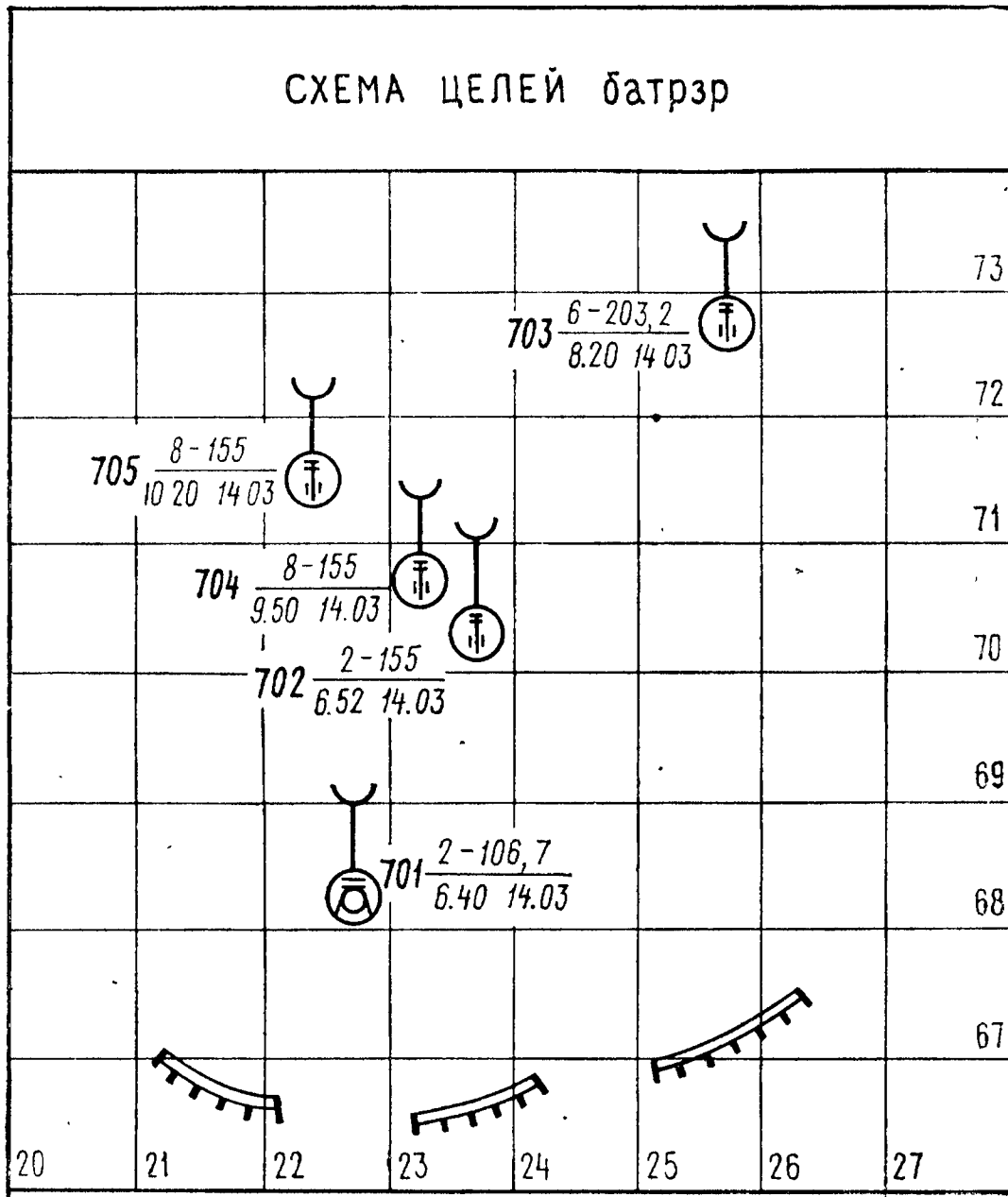
Журнал учета метеорологических данных (см. табл. 4.1) ведет метеонаблюдатель метеорологического поста по результатам проводимых через каждые 30 мин работы измерений метеоусловий. При поступлении метеобюллетеня его данные также записывают в этот журнал и докладывают командиру вычислительного отделения.

Рабочий журнал с лентами телеграфного аппарата также ведет оператор ЦВМ. Рабочие ленты с данными о вводимой в массив ОЗУ ЦВМ и выводимой в результате решения задач информации систематизируют и наклеивают в этот журнал по ходу их получения. Первоначально отпечатывают на ленту содержание ДЗУС, результаты решения контрольных задач, значения введенных в ЦВМ метеорологических данных и астрономического времени. В ходе боевой работы в журнал наклеивают ленты с результатами засечки звуковых реперов и рассчитанными значени-

Таблица 14.1

Журнал целей батрзр

№ цели	Время засечки цели	Наименование цели и характеристика ее деятельности	Координаты цели			Угол засечки, дел. угл.	Дальность засечки, км	Характеристика точности и надежности засечки	Примечания
			x	*y*	*h*				
701	14 марта 6.40—6.45	Минометный взвод (секция) 106,7-мм произвел 2 выстрела по железнодорожной станции	68200	22800	110	7-90	4,2	Приближенно, без учета поправок на СО	Доложено в 6.48
702	6.52—7.12	Отдельные выстрелы 155-мм СГ, объект обстрела не установлен	70220	23750	115	6-20	6	Приближенно, без учета поправок на СО	Доложено в 17.13, предположительно кочующее подразделение
703	8.20—8.32	Артиллерийская батарея 203,2-мм СГ произвела огневой налет по командному пункту группы	72820	25810	110	5-40	8,5	Точно	Доложено в 8.33



Список координат целей

N°цели	Наименование цели	x	y	h,м	Характеристика точности
701	минв	68200	22800	110	Приближенно
702	абатр	70220	23750	115	Приближенно
703	абатр	72820	25810	110	Точно
704	абатр	70750	23200	140	Точно
705	абатр	71400	22320	120	Точно

Командир батареи капитан (Соколов)

Рис. 14.1. Схема целей подразделения звуковой разведки

ями поправок на систематическую ошибку, пересчета координат целей, засечек целей и обслуживания стрельбы.

Схема ориентиров (рис. 14.2) служит для определения положения разведанных целей на местности относительно ориентиров и местных предметов, определения до них дальности и направлений, удобства ориентирования и целеуказания. Она представляет собой вычерченную на листе бумаги или пластика схему произвольного масштаба, на которой в перспективном виде в заданной полосе разведки наносят ориентиры и присваиваемые им номера справа налево по рубежам, начиная с ближнего, условные наименования ориентиров, дирекционные углы и дальности до них, измеренные с поста наблюдения и связи.

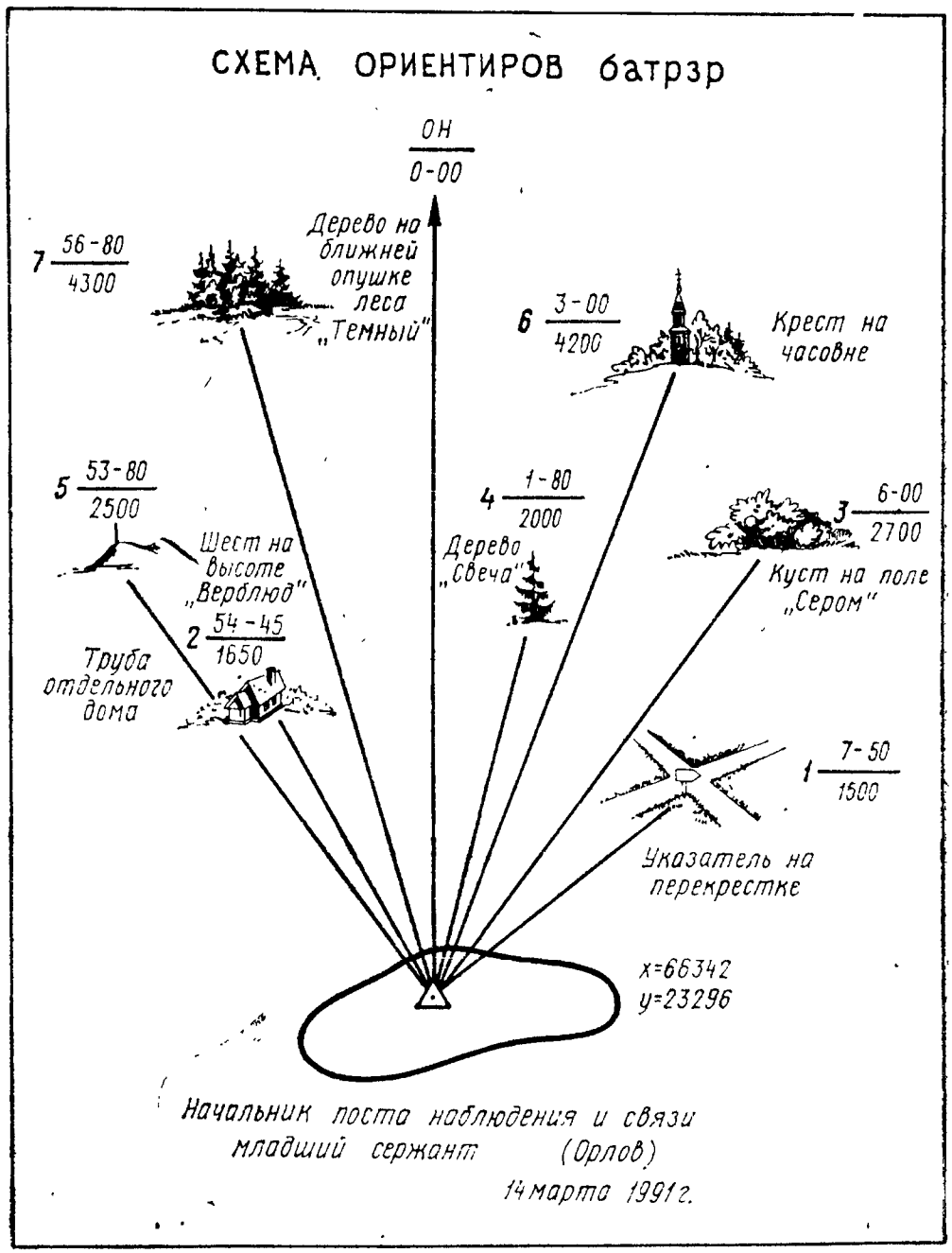


Рис. 14.2. Схема ориентиров подразделения звуковой разведки

Журнал разведки (см. табл. 12.1) служит для записи результатов наблюдений с поста наблюдения и связи за деятельностью артиллерии и минометов противника. Журнал ведет начальник поста наблюдения и связи, указывая время стрельбы, наименование цели, характеристику деятельности цели, направление и дальность до нее, определенные с помощью буссоли и секундомера, положение цели относительно ориентиров или местных предметов, присвоенный номер цели, а также дополнительные сведения о ней (район обстрела, его продолжительность, расход боеприпасов, предполагаемый или установленный калибр и др.).

Контрольная лента является документом, определяющим готовность аппаратуры первичной обработки к боевой работе.

Карточки топогеодезической привязки базных пунктов (см. рис. 4.1) составляют начальники этих пунктов по результатам разбивки и топогеодезической привязки своих акустических баз.

Ленты с записями звуков выстрелов или разрывов снарядов (рис. 12.1, 12.2) получают на базных пунктах, оформляя и используя их в соответствии с подразд. 12.1. Ленты хранят до окончания работы подразделения на данном положении, после чего с разрешения командира подразделения уничтожают.

14.2. Звукомаскировка противником огневой деятельности своей артиллерии

Звукомаскировка противником огневой деятельности своей артиллерии ведется для скрытия ее истинного местонахождения и затруднения боевой работы наших подразделений звуковой разведки.

Наибольшее влияние на ведение звуковой разведки оказывают метеорологические условия, интенсивность стрельбы артиллерии, рельеф местности и ее подстилающая поверхность.

При неблагоприятных метеорологических условиях эффективность работы подразделений звуковой разведки значительно понижается, поэтому в такой период противник может вести огонь без особых мер звукомаскировки.

Опыт Великой Отечественной войны показал, что нередко в целях создания неблагоприятных условий работы нашим подразделениям звуковой разведки противник свои огневые позиции артиллерии и минометов выбирал в лощинах, позади крутых скатов гор или впереди них, за лесом, за озерами или болотами в летнее время года. Огневые задачи при этом противник выполнял на наименьших зарядах.

Одним из наиболее эффективных приемов звукомаскировки стрельбы артиллерии является огневое поражение целей короткими огневыми налетами нескольких дивизионов (групп артиллерии) одновременно. Для того чтобы звуки выстрелов подходили к звукоприемникам подразделений звуковой разведки примерно одновременно, первоначально огонь открывается с дальних огневых позиций, а по мере подхода звуков выстрелов к ближним

огневым позициям открывается огонь с них. В этом случае личному составу поста наблюдения и связи особое внимание необходимо обращать на демаскирующие признаки стрельбы артиллерии и минометов противника, а командиру подразделения звуковой разведки теснее взаимодействовать с другими подразделениями артиллерийской разведки.

Для скрытия группировки артиллерии и введения в заблуждение подразделений звуковой разведки могут использоваться кочующие артиллерийские подразделения или отдельные орудия, которые ведут стрельбу с временных огневых позиций, удаленных от основных не менее чем на 300—600 м. Огонь с временных позиций ведется в течение 3—5 мин, после чего производится смена позиций. Личному составу поста наблюдения и связи после такого короткого огневого налета следует усилить наблюдение за районом стрельбы с задачей по возможности установить характер огневой позиции (временная или основная).

Для звукомаскировки батарей, находящихся на основных огневых позициях, противник может применять отдельные маскирующие орудия, которые располагаются в 300—600 м от основных позиций.

При расположении маскирующих орудий впереди огонь с основной огневой позиции открывается через 1—2 с после выстрелов маскирующих орудий, если же маскирующие орудия находятся на флангах, огонь с основной и маскирующей позиций открывается одновременно. В результате затрудняется засечка батареи, ведущей огонь с основной огневой позиции.

Звукомаскировка огневой деятельности артиллерии может осуществляться имитацией стрельбы орудий или минометов с помощью подрывов зарядов взрывчатого вещества в 300—600 м от основных огневых позиций артиллерии. Подтверждение того, что цель ведет огонь, а не имитируется, может дать радиолокационная станция типа АРСОМ, с которой командир подразделения звуковой разведки взаимодействует.

Опыт Великой Отечественной войны показывает, что нередко противник устанавливал огневые средства на удалении 150—200 м от подножия крутых возвышенностей. В этих случаях наряду с прямыми дульными волнами выстрелов распространялись мощные волны, отраженные от вертикальных складок рельефа, что приводило к получению значительных искажений. В отдельных случаях противник использовал места непригодные для размещения орудий в обычном представлении: топкие заболоченные участки местности или озера, для чего сооружались плоты и на них устанавливались орудия. После определения координат таких целей при нанесении их на карту возникали сомнения в достоверности засечки и как следствие продолжительное время координаты этих целей во внимание не принимались.

Таким образом, для успешного сбора и обработки разведывательных сведений командиры подразделений звуковой разведки должны хорошо знать не только организацию, основы боевого

применения и тактико-технические характеристики артиллерии и минометов противника, но также методы и приемы, применяемые для затруднения ведения разведки.

14.3. Обработка разведывательных сведений в подразделении звуковой разведки

Разведывательные сведения, добываемые подразделением звуковой разведки, имеют различную достоверность, точность, полноту, часто бывают отрывочными, а иногда и противоречивыми, поэтому требуют глубокой и всесторонней обработки.

Обработка разведывательных сведений включает:

анализ и оценку поступивших данных о каждой цели;

обобщение результатов анализа по всем целям, составление выводов из оценки артиллерийской группировки противника.

Цель анализа и оценки разведывательных сведений заключается в том, чтобы определить с наибольшей полнотой достоверные и точные данные по каждой артиллерийской батарее (каждому взводу) противника.

Анализ и оценку поступивших данных о каждой цели проводят в такой последовательности:

определяют ожидаемое количество артиллерийских батарей (взводов), исходя из оценки группировки противника;

анализируют все разведданные, относящиеся к одной цели, определяя при этом степень достоверности цели, наиболее точные координаты цели и ее характеристики;

определяют в процентном отношении (по результатам анализа и оценки каждой цели) объем решаемых разведывательных задач.

При определении степени достоверности цели необходимо сопоставить все имеющиеся разведывательные сведения о ней, учитывая, в каких условиях обстановки они получены. Кроме того, необходимо определить на основании знания боевого предназначения данной цели тактическую целесообразность расположения ее в данном районе. Оценке степени достоверности цели также поможет анализ характера ее деятельности.

По степени достоверности разведывательные сведения подразделяются на достоверные, вероятные, сомнительные и ложные.

К достоверным разведывательным сведениям относятся такие, которые подтверждаются несколькими независимыми один от другого источниками (подразделением звуковой разведки и радиолокационной станцией) или подтверждаются неоднократно одним источником, при этом полностью соответствуют обстановке и не вызывают сомнений (координаты цели, полученные в результате засечки подразделением звуковой разведки, подтверждаются данными поста наблюдения и связи, определенными с помощью секундомера и буссоли). При этом не только наблюдался блеск выстрелов, но в расчетное время были слышны свист пролетающих снарядов или их разрывы в расположении наших войск.

Вероятными считаются сведения, которые соответствуют сложившейся обстановке и уже имеющимся данным, но получены подразделением звуковой разведки без подтверждения другими источниками.

Сомнительными считают такие сведения, которые противоречат ранее имевшимся данным, полученным от других источников. Эти сведения требуют проверки, уточнения и подтверждения.

Ложными считаются сведения, которые не соответствуют сложившейся обстановке и противоречат сведениям, полученным от других источников, и о ложности которых имеются неоспоримые доказательства.

Для артиллерийских батарей (взводов), расположенных на огневых позициях, необходимо кроме степени достоверности данных определить характер огневой позиции (основная, запасная или временная).

Оценка точности определения координат огневых позиций артиллерийских батарей (взводов) противника производится исходя из возможностей средств разведки и условий их работы при засечке целей. При наличии данных от разных средств разведки по одной цели за окончательное значение координат принимаются координаты наиболее точного средства. Если данная цель засечена подразделением звуковой разведки «точно» несколько раз, то за окончательные ее координаты принимают осредненные значения из числа полученных засечек при условии, что они производились в аналогичных условиях.

Завершающим этапом обработки разведывательных сведений является их обобщение. Оно заключается в суммировании всех полученных после анализа результатов, в сопоставлении на этой основе соответствующих выводов и докладов для планирования огневого поражения целей.

Таким образом, правильно организованная обработка разведывательных данных в подразделении звуковой разведки обеспечит своевременное получение сведений об орудиях и минометах противника, особенно о средствах ядерного нападения, что в условиях современного боя приобретает решающее значение для достижения успеха.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение 3

Раздел первый. **Основы звуковой разведки и вычислительной техники** 4

Глава 1. Общие сведения о звуковой разведке артиллерии . . . —

1.1. История возникновения и развития звуковой разведки . . . —
1.2. Задачи звуковой разведки артиллерии 7
1.3. Требования, предъявляемые к звуковой разведке 9
1.4. Свойства звуковой разведки . . . . . —
1.5. Силы и средства звуковой разведки 10
1.6. Возможности звуковой разведки 11

Глава 2. Возникновение и распространение звуков выстрелов (разрывов) 13

2.1. Сведения из акустики . . . . . —
2.2. Распространение акустических волн в атмосфере 39
2.3. Звуковые волны, возникающие при артиллерийском выстреле 71

Глава 3. Определение местоположения источника звуковых волн . 92

3.1. Методы определения местоположения стреляющих орудий (минометов), точек разрывов снарядов (мин) . . . . . —
3.2. Поправка на удаление цели 100
3.3. Поправка на ветер 104
3.4. Поправка на превышение (понижение) цели $\Delta\beta_h$ 111
3.5. Поправка, исправляющая ошибку направления на цель (разрыв), вызванную искажением регистрируемых моментов времени подхода звуковой волны 116
3.6. Определение точного направления на цель (разрыв) . . . 117
3.7. Особенности определения направления на цель из центра акустической базы при учете распределения метеовеличин по высоте 118
3.8. Варианты определения направления на звучащую цель . . 120
3.9. Определение координат цели (разрыва) 123

Глава 4. Топогеодезическая и метеорологическая подготовка в подразделениях звуковой разведки 126

4.1. Топогеодезическая подготовка . . . . . —
4.2. Метеорологическая подготовка 129

Глава 5. Ошибки в работе подразделения звуковой разведки . . . 136

5.1. Общие понятия о случайных и систематических ошибках . . —
5.2. Случайные ошибки определения направления на цель . . . 139
5.3. Систематическая ошибка в работе подразделения звуковой разведки 147
5.4. Принцип учета систематической ошибки в работе подразделения звуковой разведки 154
5.5. Ошибка засечки цели (репера, разрыва) с двух базных пунктов 158

Стр.

Глава 6. Основные принципы автоматизированной обработки информации в технических средствах звуковой разведки . . 170

6.1. Необходимость автомтизации работ в подразделении звуковой разведки . . . . . —
6.2. Выбор схемы обработки информации 171
6.3. Первичная автоматизированная обработка сигналов . . . 172
6.4. Кодовая передача информации с базных пунктов на центральный пункт 174
6.5. Вторичная автоматизированная обработка сигналов . . . 175
6.6. Связь между базными и центральным пунктами 178

Раздел второй. **Аппаратура автоматизированных звукометрических комплексов АЗК-5 и АЗК-7** 179

Глава 7. Автоматизированный звукометрический комплекс АЗК-5 . —

7.1. Общие сведения о комплексе . . . . . —
7.2. Аппаратура базного пункта 181
7.3. Аппаратура центрального пункта 199
7.4. Техническая и служебная связь комплекса 213
7.5. Синхронизация работы аппаратуры базных и центрального пунктов 221
7.6. Источники электропитания комплекса 222

Глава 8. Особенности комплекса АЗК-7 235

8.1. Аппаратура приема и первичной обработки . . . . . —
8.2. Аппаратура вторичной обработки 239
8.3. Техническая связь комплекса 240
8.4. Средства электропитания комплекса 241

Глава 9. Аппаратура жизнеобеспечения и контроля звукометрических комплексов 242

9.1. Фильтровентиляционная установка автомобиля . . . . —
9.2. Отопитель вентиляционный 243
9.3. Приборы дозиметрического контроля и химической разведки 244
9.4. Имитатор звукометрических сигналов 248

Глава 10. Техническое обслуживание звукометрических комплексов и их транспортирование 255

10.1. Виды и периодичность технического обслуживания комплексов —
10.2. Хранение комплексов 258
10.3. Транспортирование комплексов 260

Раздел третий. **Боевая работа подразделений звуковой разведки** 264

Глава 11. Развертывание подразделения звуковой разведки . . —

11.1. Боевой порядок подразделения звуковой разведки и требования к нему . . . . . —
11.2. Действия командира подразделения звуковой разведки при выборе элементов боевого порядка 267
11.3. Развертывание машины базного пункта на позиции . . . 268
11.4. Развертывание центрального пункта, метеорологического поста подразделения звуковой разведки 293
11.5. Инженерное оборудование и маскировка боевого порядка . 318

Глава 12. Ведение разведки противника 323

12.1. Действия расчетов базных пунктов комплекса АЗК-5 при приеме сигналов звуков выстрелов . . . . . —
12.2. Особенности действий расчетов базных пунктов комплекса АЗК-7 при приеме сигналов звуков выстрелов 327
12.3. Действия расчета центрального пункта АЗК-5 при приеме информации с базных пунктов, поста наблюдения и связи . 330

Стр.

12.4. Работа расчетов АЗК-5 при определении и учете поправок на систематическую ошибку 333
12.5. Аварийный режим работы комплекса 340
12.6. Использование микрокалькуляторов в аварийном режиме работы звукометрического комплекса 345

Глава 13. Обслуживание стрельбы артиллерии 358

13.1. Общие положения . . . . . —
13.2. Основной принцип обслуживания стрельбы артиллерии . . 360
13.3. Засечка звуковых реперов 365
13.4. Особенности алгоритма вычислений отклонений разрывов снарядов (мин) от пристреливаемой цели 367
13.5. Действия расчета при обслуживании пристрелки цели . . 372

Глава 14. Сбор и обработка разведывательных сведений в подразделении звуковой разведки 381

14.1. Документы, ведущиеся в подразделении звуковой разведки . —
14.2. Звукомаскировка противником огневой деятельности своей артиллерии 386
14.3. Обработка разведывательных сведений в подразделении звуковой разведки 388

АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ ЗВУКОВАЯ РАЗВЕДКА

Редактор *Н. В. Даниленков*

Технический редактор *А. А. Перескокова*

Корректор *О. Б. Григорьева*

Сдано в набор 23.03.93. Подписано в печать 01.04.93. Формат 60×90/16.
Печ. л. 24½. Усл. печ. л. 24,5. Усл. кр.-отт. 24,63. Уч.-изд. л. 27,50.
Изд. № 5/6846 *Бесплатно* Зак. 5934

Воениздат, 103160, Москва, К-160